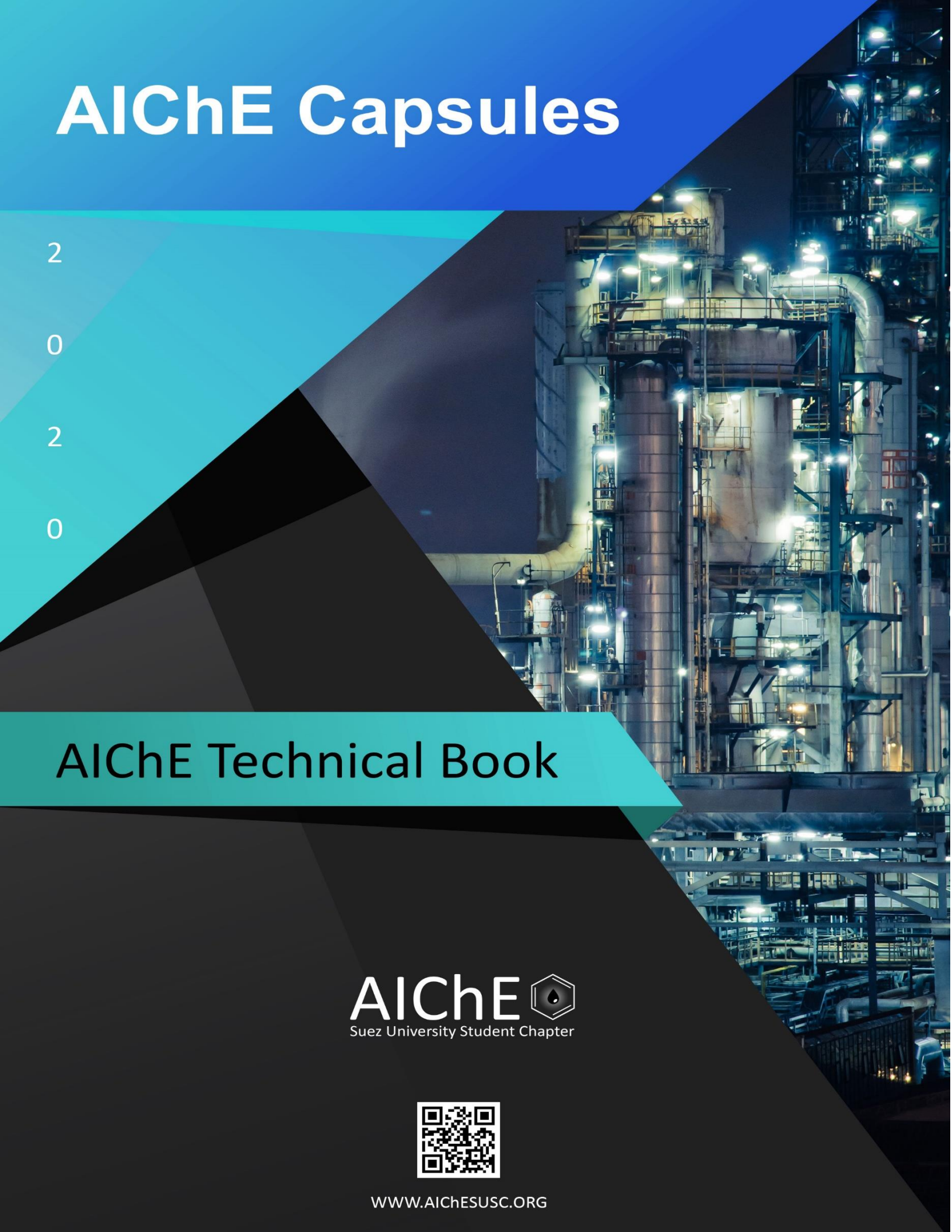
AIChE Capsules

2020



AIChE Technical Book

AIChE
Suez University Student Chapter

WWW.AIChESUSC.ORG

Contents

Refinery posts **6**
Atmospheric distillation unit 7
Vacuum distillation unit 8
Coker unit 10
Fluidized catalytic cracking (FCC) 11
Hydrocracking unit 12
Catalytic reforming 14
Isomerization unit 16
Alkylation unit 17
Hydrotreating unit 18
Industrial Naphtha 19
Petroleum gases 21
Waxes 23
Petroleum Asphalt 24
Sulfur Recovery unit (SRU) 26
Vapor Recovery Unit 28
Gas processing **29**
Introduction and water problems 30
J/T Process (Joule/Thomson): 33
hydrate inhibitor [LTS] 34
Hydrate [LTX] 34
Mechanical Refrigeration System 35
Refrigerated J-T Process 37
Turbo Expander 38
NGL recovery 40

Cement industry 41
Introduction 42
Manufacturing steps 44
Cement types 47
Cement quality tests 48
Fertilizers industry 50
Introduction 51
Ammonia production 52
Urea production 54
Reactors 57
- **Overview** 58
- **Types of reactors in detail** 62
- **Design Considerations** 68

Separators 69
- **Methods of Separation** 69
- **Classification** 70
- **Separator internals** 72
- **Horizontal separator Vs Vertical separator** 74
- **Troubleshooting of separators** 77

Heat Exchangers 79
- **Types of heat exchangers** 80
- **Shell and Tube Heat Exchanger** 85
- **U-Tube Heat Exchanger** 87

Fired Heaters 89
introduction 90

Pumps and Compressors 96

- **Overview** 96
- **Centrifugal Pump** 97
- **Reciprocating Pump** 99
- **Centrifugal vs reciprocating pumps** 101
- **Multi-Stage Pumps** 102
- **Cavitation** 104
- **Special Types of Pumps** 107
- **Pump Performance curve** 110

Valves 114

Introduction 115
Valves types 116
Control Valve 121
JT-Valve. 123

Polymerization 125

Introduction and types of polymerization 126
ABS 128
PVC 131
Poly Ethylene 133
Plastic healthy grades 136

Drilling Muds 138

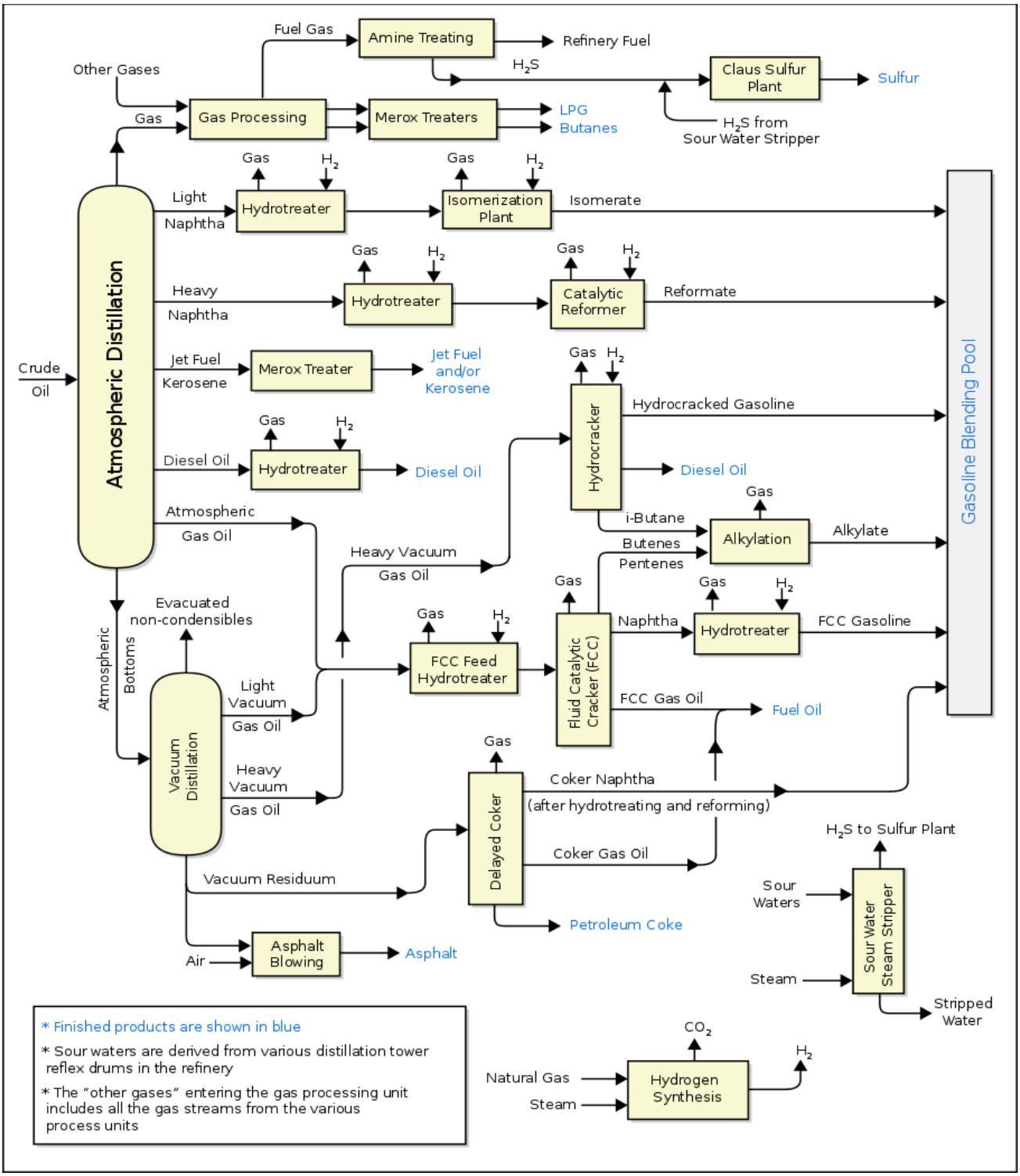
Drilling fluids 138
Mud pump 140

Water treatment 142

Introduction and water characteristics 143
industrial water treatment systems 144

Reverse osmosis (RO) 150
Zero Liquid Discharge (ZLD) 152

Refinery posts



Atmospheric distillation unit

تعتبر من اهم الوحدات في معالجة النفط الخام.

- هي المسؤلة عن تقطير الخام للمنتجات الرئيسية مثل (بنزين السيارات ووقود الطائرات ومكونات أخرى كثيرة).
- فكرة العمل : هو الاختلاف في درجات الغليان لمكونات الخام، فالمكونات التي درجة غليانها قليلة تصعد لأعلى البرج والعكس صحيح .

لكن توجد مشكلة :_ان المركبات الخفيفة التي تصعد لأعلى البرج يكون معها بعض المركبات الثقيلة ولكن بكميات صغيرة والعكس صحيح. وكيفية حلها؟؟

حلول تلك المشكلة لكي نصل لأكبر درجة نقاء: يفضل استخدام

- Trays and down comers
- Condenser and reflux
- Reboiler

- Trays: هي فتحات صغيرة في طبقات البرج يحدث داخلها اتصال بين السائل والغاز فيصعد الغاز الخفيف لأعلى البرج ويهبط السائل الثقيل لأسفل.
- Condenser: يستخدم في زيادة كفاءة الفصل. بعد صعود الغاز لأعلى يدخل في المكثف فتقل درجة حرارته ثم يتم إعادته الى اعلى البرج على هيئة reflux.

وهذا لأن البخار الذي صعد إلى البرج درجة حرارته عالية جدًا ويكون خفيف جدا لكنه يحتوى على بعض المكونات الثقيلة التي من الضروري ان تهبط لأسفل البرج.

وبهذا نكون قد وصلنا لأعلى درجة نقاء في الفصل.

المنتجات الناتجة من التقطير:

- LPG &Light gases: وهي المركبات الخفيفة التي تخرج من اعلى البرج على هيئة غازات (مركبات من c1:c4) واهمهم غاز الميثان والبروبان والبيوتان.

- Naphtha: يستخدم كوقود للسيارات وصناعة الكيماويات
- Kerosene: يستخدم كوقود للطائرات
- Diesel oil: يستخدم كوقود للعربات النقل
- Bitumen: يستخدم في صناعة أسفلت الطرق

Vacuum distillation unit

هي المسؤلة عن التعامل مع ال Atmospheric residue الخارج من قاع برج التقطير الجوي والذي يحتوي على بعض المركبات الخفيفة التي نريد فصلها عنه.

❖ هناك سؤال يطرأ على اذهاننا وهو :لماذا لا يتم فصل ال Atmospheric residue داخل وحدة ال Atmospheric unit؟

السبب في هذا ان residue يغلي عند درجة حرارة عالية جدا لذلك اذا حاولنا الوصول لتلك الدرجة فسينتج عن ذلك :

1. Coking: يحدث تفحيم لمعظم المناجات لأنها تغلي عند درجة حرارة اقل بكثير من هذه الدرجة
2. Cracking: لكي نعمل في تلك الدرجات نحتاج طاقة هائلة مما قد يسبب cracking

❖ وبما ان درجة الغليان هي درجة الحرارة التي يتساوى عندها الضغط الجوي المحيط مع الضغط البخاري فبالتالي اذا قل الضغط المحيط ستقل درجة الغليان . اذن فقد توصلنا لفكرة عمل وحدة VDU :

والتي تعتمد على خفض الضغط الى ٢٠ مللي زئبق في حين ان الضغط في وحدة التقطير الجوي ٧٦٠ مللي زئبق وبالتالي فسيحدث الغليان عند درجة حرارة اقل.

❖ آلية العمل داخل الوحدة :

1. يدخل ال feed على سلسلة من المبادلات الحرارية ترفع درجة حرارته جزئياً
2. يدخل الى fired heater وهنا تصل درجة حرارته الى ٤٠٠ درجة مئوية
3. يتم عمل super-heated steam injection اثناء الفصل داخل البرج وهذا يساعد في تقليل الضغط الجزيئي للهيدروكربونات الى ١٠ مللي زئبق وبالتالي يسهل من حدوث تبخر للfeed.
4. يوجد في اعلى البرج condenser يستخدم في فصل المياة الموجودة في الخام ويتم غليها مرة أخرى لإعادة استخدامها .

❖ يتم تقليل الضغط بطريقة من الأثنين :

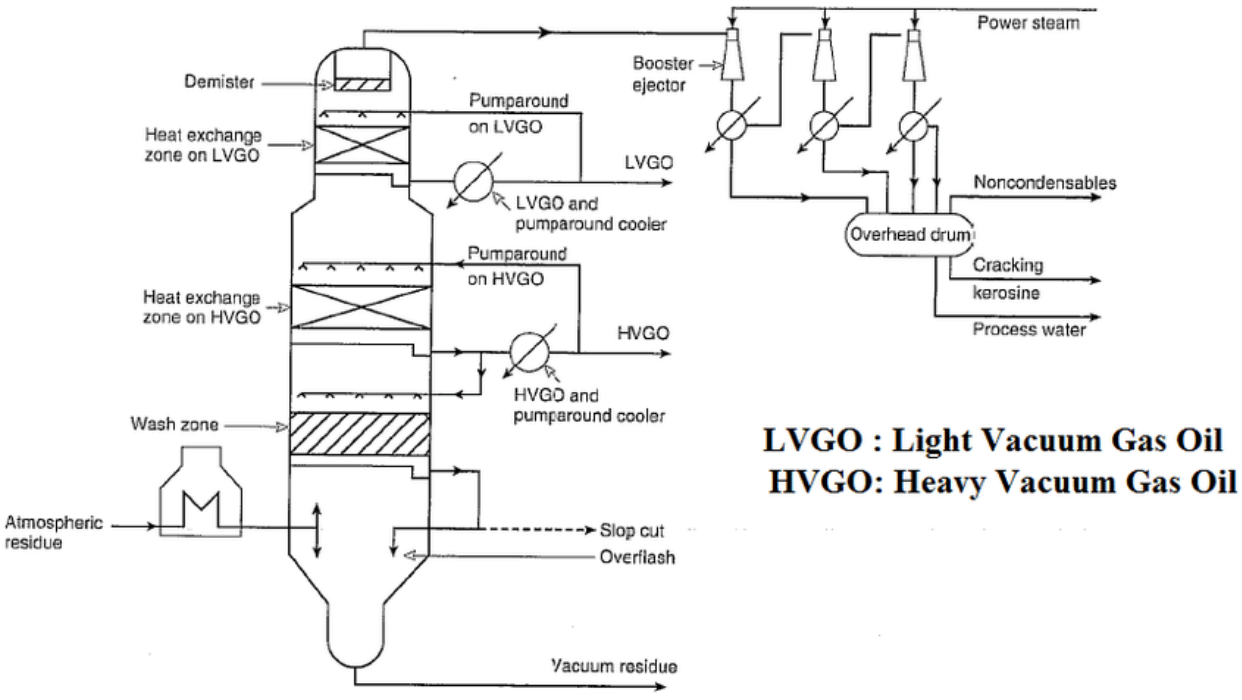
1. Injectors: تعمل بالبخار (اقل في التكلفة).
2. استخدام vacuum pump: (افضل للبيئة) .

❖ المنتجات الناتجة عن الوحدة :

1. Light gas oil
2. Heavy gas oil
3. Vacuum residue

❖ (1,2) يتجهوا الى وحدة Hydrotreating ثم الى وحدة Catalytic cracking

❖ (3) يتجه لوحدة Coker لأنتاج البتيومين.



LVGO : Light Vacuum Gas Oil
HVGO: Heavy Vacuum Gas Oil

Coker unit

النواتج الخارجة من وحدة vacuum distillation هي

1. light gas oil.
2. heavy gas oil.
3. vacuum residue.

تخضع هذه المنتجات للمعالجة للحصول علي منتجات أخري مطلوبة و من هذه العمليات عملية Decoking

- حيث يتم أخذ قاع وحدة التقطير التفريغي كتغذية لإنتاج عدة منتجات عن طريق تكسير السلاسل الكربونية الكبيرة في ال residue الي سلاسل اصغر عند درجات حرارة من(507°c-482°c) وضغط 1.029 ضغط جوي.
- يمر feed علي Furnace بسرعات عالية لتقليل retention time وتأجيل تكون الفحم إلي أن يصل لل drum ولذلك سمي delayed coking
- يتم دخول feed من الأسفل ليتم تكسير السلاسل الكربونية و تخرج المنتجات الخفيفة من الاعلي لإستغلالها في وحدات أخري بينما يترسب الكوك في الأسفل ليتم استخلاصه عن طريق high pressure water spray
- عند استخلاص الكوك يتم تبديل drum الممتلئة بأخري فارغة حتي لا تتوقف العملية.

المنتجات الأساسية للوحدة هي

1. Fuels Gas and LPG.
2. Coker naphtha.
3. Coker kerosene.
4. Coker gas oil.
5. Coke.

Fluidized catalytic cracking (FCC)

- عمليات cracking بشكل عام هدفها هو تكسير مركبات تقيلة ذات سلاسل طويلة إلى مركبات أخف وأقصر وذات قيمة اقتصادية عالية.
- ال feed الأساسية لوحدة FCC هو ال heavy gas oil سواء كان خارج من وحدة ال atmospheric distillation أو من Vacuum أو Coker
- عند استخدام vacuum gas oil تلجئ محطات التكرير الي القيام بعمليتين إضافيتين للتخلص من الاسفلت و الكبريت (DE asphalting +Desulfurization) و تسمي في هذه الحالة RFCC.
- في بداية العملية يمر feed بعملية hydrotreating للتخلص من الشوائب بهدف تحسين جودة المنتجات و الحفاظ علي العامل الحفاز.
- تتكون الوحدة باختلاف تصميمها من مكونين أساسين و هما Reactor and Regenerator .
- يتم دفع ال feed إلي أسفل ال reactor بعد تسخينه لحرارة تصل إلى (315 :426) درجة سيلزية حيث تتم عملية الخلط مع powdered catalyst تصل درجة حرارته من 650-760 درجة سيلزية.
- بعد الخلط تحدث عملية التكسير ثم تخرج المنتجات من أعلي المفاعل حيث يتم إرسالها الي برج تقطير لفصل المنتجات عن بعضها البعض.
- التفاعل بيتم سريع جدا حيث يحتاج من ثانيتين إلى 10 ثواني لاتمام التفاعل بشكل نهائي.
- وأخيرا بيتم ارسال ال catalyst + heavy oil من أسفل reactorحيث يتم تجميعهم في disengaging zone حيث يتم حدوث steam injection و فصل oil عن catalyst و ارسال العامل الحفاز الي Regenerator حيث يتم حرق الكوك المترسب علي سطحه و اعاده استخامه مرة أخري.

يوجد نوعان لوحدة FCC

- Stacked type

بيكون فيها Reactor فوق Regenerator وكلاهما له نفس vessel .

- Side by side

بيكون فيها Reactor and Regenerator في اتنين vessels مختلفتين.

المنتجات الأساسية لوحدة ال FCC هي

- Olefins and light gases.
- Light fuel oil .
- Higher octane gasoline. .

Hydrocracking unit

من أهم الوحدات في ال refinery لإنها مسئولة عن إنتاج jet fuel و gasoline ، و هما من المنتجات التي يتم الإقبال عليهم بكثرة من مركبات ثقيلة و لها قيمة اقتصادية أقل عن طريق التكسيرباستخدام (Hydrogen catalysts).

Feed

- Atmospheric gas oil
- Vacuum gas oil
- Coker gas oil

بينما يتكون العامل الحفاز من جزئين

1) Metallic part
و هذا الجزء مسؤول عن عملية الهدرجة لإزالة الشوائب مثل الكبريت و النيتروجين التي تسبب تلف العامل الحفاز.

2) Acid part
و هذا الجزء مسؤول عن تكسير feed وتحويله الي مركبات أصغر غير مشبعة و التي بدورها تتم هدرجتها لتحويلها الي مركبات ثابتة مستقرة.

بالنسبة للعامل الحفاز المستخدم يختلف باختلاف العملية و feed و المواد المرغوبة . و لكن الأكثر شيوعا هو خليط من silica alumina بالإضافة إلي كميات صغيرة من Metal earth بتختلف من مصنع لآخر مثل البلاتينيوم أو النيكل و هناك نوع أخر مكون من خليك من platinum-Zeolite .

نوع العملية يختلف باختلاف feed و المواد المرغوبة و هناك نوعان

1) One stage
نسبة conversion تتراوح بين 40:80 %.

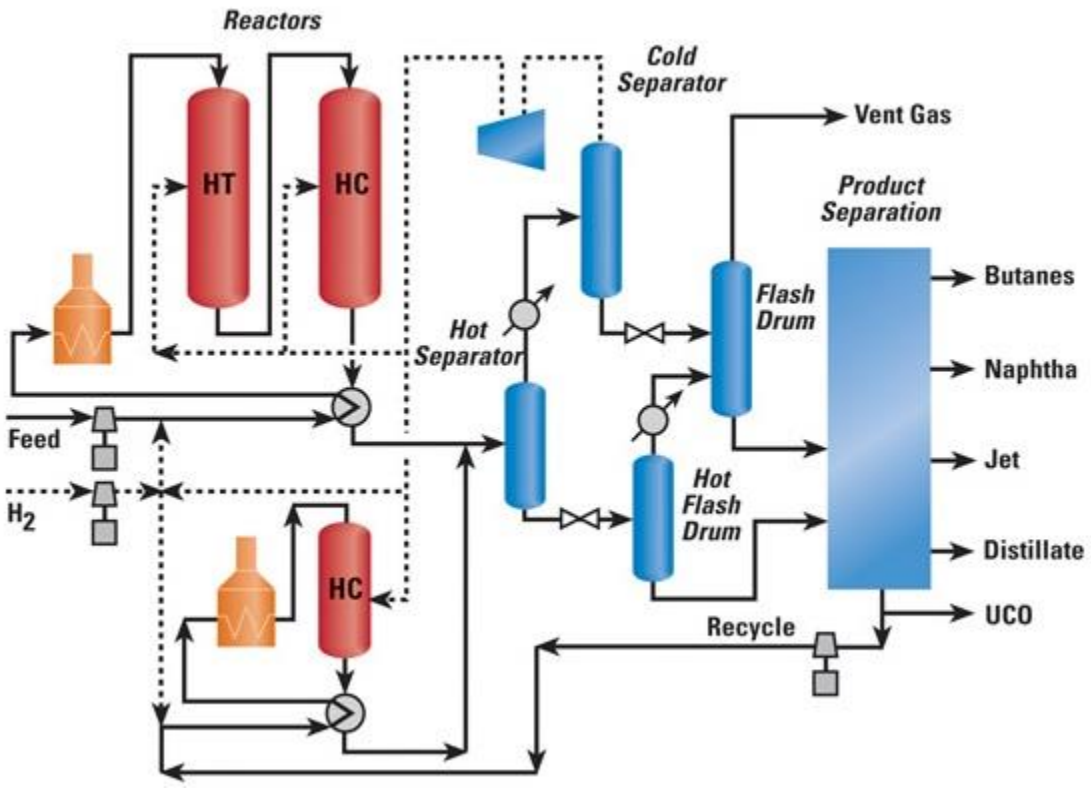
2) Two stages
Higher conversion

المراحل التي يمر بها feed

1) مرحلة الإعداد و فيها يتم التخلص من الشوائب التي تسمم العامل الحفاز.
2) بعد عملية المعالجة تتم عملية التسخين باستخدام مبادلات يليهم الفرن كي نصل الي الحرارة المطلوبة للتفاعل .
3) يتم بعد ذلك الاتجاه الي المفاعل و من ثم بدأ التكسير.
4) تخرج النواتج من المفاعل الي separator و ذلك لفصل الهيدروجين و إعادة استخدامه مرة أخري أما المنتج السائل فيذهب الي fractionator ليتم فصله إلي

- Light gases
- Light and heavy naphtha
- jet fuel
- Diesel
- Heavy bottoms

و هذا المنتج تعاد معالجته مرة أخري في second stage .



Catalytic reforming

- من اهم وحدات التحويل ومعالجه للخام الموجود فى شركات التكرير هى وحده الاصلاح الحفزى فهى مسئولة عن إنتاج حوالي 37% من نسبة الإنتاج الكلية للجازولين.
- الدخل الأساسي لهذه الوحدة هو الهيدروجين مع النافثا الثقيلة الذى ينتج من برج التقطير وبالإضافة الى الناتج من وحدتي التفحيم البترولي و التكسير أيضا.
- دور غاز الهيدروجين في هذه العمليه هو حمايه العامل الحفاز من ان يترسب علي سطحه الكربون الناتج من بعض التفاعلات وبالتالي ضمان حدوث العملية بكفائة عالية ولأطول فترة ممكنة.
- العامل الحفاز المستخدم في هذه العمليه غالبا هو البلاتينيوم وعلى نطاق اقل يتم استخدام الرينيوم على قاعده من أكسيد الالمونيوم .
- التغذيه لهذه الوحده معظمها هو الكانات عاديه وهى بنسبه 45-55% والكانات حلقيه بنسبه 30-40% ومركبات اروماتيكيه عطريه بنسبه من 30-40% والالكينات تكاد تكون معدومه بنسبه 0-2%
- تتم هذه العمليه بهدف زياده الرقم الاوكتانى للتغذيه وذلك بتحويل اكبر نسبه من الالكانات العاديه والحلقيه الى مركبات اروماتيه عطريه لها رقم اوكتان عالى .
- وتتم هذه العمليه عند درجه حراه تصل الى 900 فهرنهايت (500 سليزيوس تقريبا) , وضغط عالى يصل الى 45 ضغط جوى.

أجزاء الوحدة الأساسية عموما هي ثلاث مفاعلات.وثلاث افران ومجزئ.

سنتكلم الان عن اليه العمل خلال كل جزء من هذه الأجزاء للوصول للمنتج الذى نحتاج اليه .

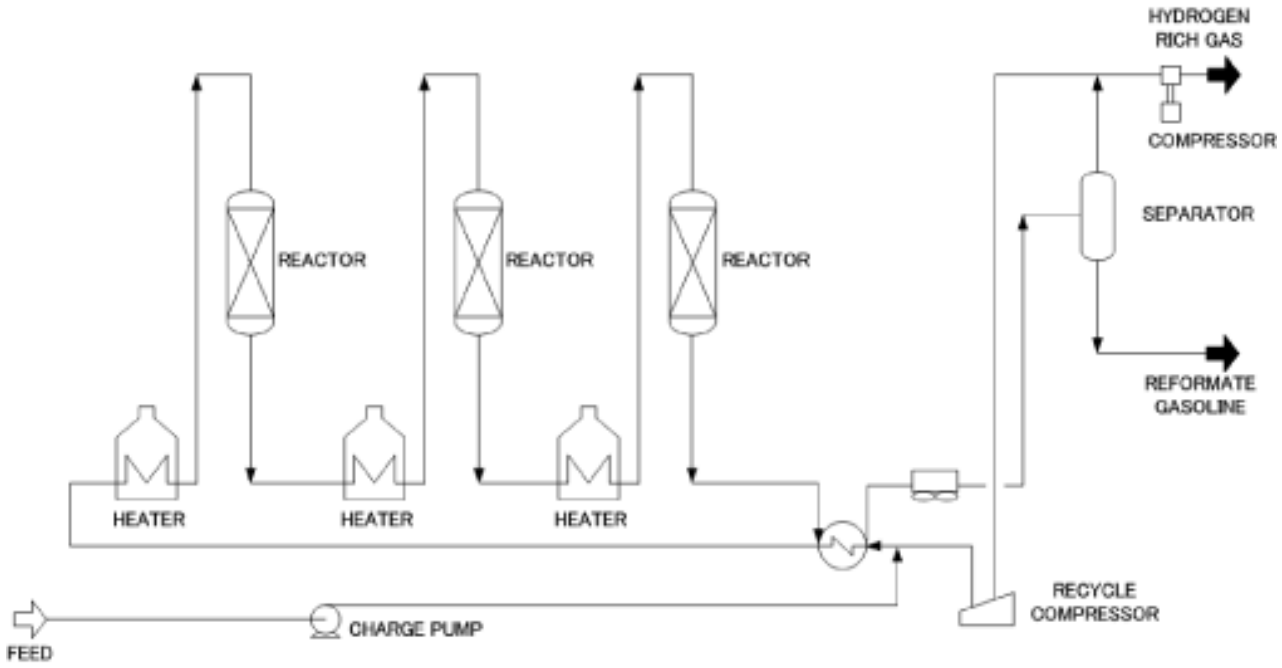
- أول مرحله في الوحده هي المعالجه الاوليه للتغذيه التى يتم فيها اعداد الدخل او التغذيه قبل الدخول للمفاعل عن طريق إزالة الشوائب مثل مركبات الكبريت والنيتروجين والأكسجين اللي تؤثر علي العامل الحفاز وبتسبب تسمم له وابطال مفعوله وهكذا تتم العمليه لأطول فترة وبأعلي كفائة ممكنة.
- ثم نمرر الدخل او التغذيه اللتي هي خليط من النافثا الثقيله مع الهيدروجين علي المبادل الحرارى ثم إلي الفرن لكى نصل لدرجة حرارة التفاعلات المطلوبة واللتي تكون من 495 cإلي 525.c وتخرج من الفرن علي أول مفاعل اللذي تتم فيه التفاعلات أهمها تفاعلات نزع الهيدروجين للالكانات والعاديه والحلقيه وهي تفاعلات ماصة للحرارة بدرجة كبيرة.
- ونتيجة لذلك بعد فترة تقل درجة الحرارة وبالتالي بيقل معدل التفاعل فنحتاج لرفع الحرارة مره اخرى لنعوض النقص الذى حدث.
- بيخرج الخليط من أول مفاعل الى الفرن الثانى لرفع الحرارة لدرجة حرارة التفاعل ثم إلي تاني مفاعل ليتكرر ما حدث ف أول مفاعل من نقص في الحرارة وفى معدل التفاعل فنمرره علي فرن ثالث ثم مفاعل ثالث.
- غالبا الثلاث مفاعلات كافيين إني أوصل للمنتج المطلوب وأحيانا العدد يختلف حسب الظروف ونوع التغذيه والمنتج المطلوب.

- ❖ المنتج الخارج من ثالث مفاعل يكون خليط من (الreformate و الهيدروجين و الغازات الخفيفه)فيدخل الخليط علي فاصل الغاز لنفصل الهيدروجين.
- ❖ ثم ندخل علي المجزئ لنفصل الغازات الخفيفه من القمه التي تكون C4 وما أخف ونحصل علي الريفورميت من الأسفل كمنتج نهائي من الوحدة فناخذه علي وحدات المزج الخاصة بإنتاج الجازولين.

وهكذا تكون منتجات الوحدة هي

- الreformate الذى يستخدم في وحدات مزج الجازولين .
- غاز الهيدروجين المستخدم في وحدات المعالجه الاخرى مثل ال hydrotreating التى سنتحدث عنها فيما بعد أو الهيدروكراكنج أو كوقود غاز في الأفران.
- الغازات الخفيفه مثل c1,c2,c3,c4

بيتم فصل من الغازات الخفيه c3&c4 الذي يتم استخدامهم في صناعه انابيب البوتاجاز المستخدمه في المنازل و c1&c2 المستخدمه كوقود غازى او في الصناعات البتروكيماويه.



Isomerization unit

هى ايضا وحده لزياده رقم الاوكتان ولكن لجزء معين من النافثا وهو النافثا الخفيفه القادمه من التقطير الجوى

عندما تحدثنا عن التقطير الجوى لاحظنا انه من ضمن المنتجات الخارجة هي النافثا.
يتم ادخالها على مجزئ يقسمها إلي نافثا ثقيله (تذهب لوحده الاصلاح كما ذكرنا من قبل)
ونافثا (خفيفه تذهب لوحده الازمره)
فيبقي السؤال هنا ...بما إن العمليتين هدفهم انتاج منتج ذو رقم اوكتان عالي ..لماذا لا نكتفى بوحدة واحدة فقط ونقلل التكاليف ؟
السبب هو التكسير الذي يحدث في الاصلاح سيسبب خسارة في النافثا الخفيفه وستتحول لغازات خفيفة لها قيمة أقل.
عملية الازمره هي عملية تحويل الالكانات العاديه إلي الكانات متفرعه المقابلة لها وهذا ينتج عنه زيادة كبيرة في رقم الاوكتان.
فالبنتان العادى مثلا له رقم اوكتان 61.7 ولكن بعد تحويله إلي ايزوبنتان يترفع رقم الاوكتان ل 92.3.
العامل الحفاز المستخدم في الوحدة هو ال بلاتينيوم علي قواعد مختلفة تختلف علي حسب التغذيه والكفاءة المطلوبة للوحده.
في كثير من الاوقات نحتاج اضافه كلوريد الذي يساعد في تحقيق أعلي كفائة للعامل الحفاز
و نتيجة لهدا نمرر التغذيه علي مجفف قبل ان يدخل المفاعل لكى تكون خالية من الماء وأي مصدر للأكسجين لنتجنب تفاعله مع الكلوريد وتكوين Hcl وبالتالي نتجنب مشاكل مثل التاكل او ابطال مفعول عامل الحفز
وايضا لحماية العامل الحفز من تراكم الكربون عليه نضيف هيدروجين مع التغذيه.
عملية الازمره تحتاج حرارة منخفضة من 300 ل400 F لتجنب حدوث التكسير
والتفاعلات التي تحدث داخل المفاعل عبارة عن تفاعلات طارده للحراده(بنتج عنها حراره).
المنتج الرئيسي للوحده هو الisomers بالإضافة للغازات الخفيفه.

Alkylation unit

تحدثنا فيما قبل عن وحدة ال FCCالتكسير الحرارى الحفزى والوحدة تخرج عدة منتجات وهي:
(الكينات وغازات خفيفه - الوقود النفطي الخفيف – جازولين له اوكتان عالي)

سنتحدث الان عن وحده الالكله التي تستخدم ناتج وحدة التكسير الحرارى الحفزى FCC كتغذيه لها وهو عبارة عن:

(الكينات لها وزن جزئى منخفض – الايزوبيوتان اللى بيخرج من وحده الازمره)

يتم في البدايه معالجه للتغذيه داخل كوليسير (جهاز يستخدم للتخلص من المياه او اى شوائب موجوده في الدخل)

وحدة الالكله لها عدة أسماء علي حسب ال عامل الحفزالمستخدم فيها:
في حالة استخدام حمض H2SO4 كعامل حفز تسمي الوحدة وحده الالكله باستخدام حمض الكبريتيك

في حالة استخدام حمض HF يتم تسمية الوحدة وحده الالكله باستخدام حمض الهيدروفلوريك

الوحدة تتكون من اربع اجزاء:
1-جزء التفاعل.
2-جزء المعالجه بالتدفق
3-جزء التبخير
4-وحده التجزئ

في البداية تتفاعل الالكينات مع الايزوبيوتان داخل غرف تفاعل عند درجات حرارة(300°c) واللي بتكون ممتلئة بالحمض لإنتاج الalkylate والذي يكون عبارة عن جازولين له رقم اوكتان عالي.

بعد ذلك يتم إرسال الناتج إلى وحده المعالجة بالتدفق ليتم فصل الالكيليت عن المحمض وأي منتج جانبي تكون اثناء العملية، يليها إرسال الناتج إلى وحده التجزئ حيث يتم فصل أي زيادة من ايزوبيتين ليتم استرجاعه واستخدامه مرة أخرى.
وأخيرا يتم إرسال ال الحمض المستهلك الى وحده التبخير حيث تتم حدوث عملية استخلاص الحمض يليها حدوث عملية تعادل له ليتم ال تخلص منه.

Hydrotreating unit

❖ تحدثنا مسبقا عن وحدات الreforming والalkylation والFCC وغيرها وكلها وحدات مشتركه في شيء الا وهو مرور الدخل الخاص بها على وحده الhydrotreating...

تقوم بالتخلص من الشوائب الموجوده في الخام مثل

- الكبريت والنيتروجين والاكسجين وذلك لضبط مواصفات المنتج النهائي او لاعداده للدخول في عمليه بعدها بالاضافه انها تسبب تسمم للعامل الحفاز داخل المفاعل
- المعادن بيتم التخلص منها

يتم التخلص من المعادن عن طريق حدوث عملية الهدرجة فتترسب فنتخلص منها؛ لأن المعادن تؤدي تاكل حاد داخل المفاعل والخطوط.

وحدة المعالجه بالهيدروجين تشمل عدة علميات:

1- وحده الفرن
2-مفاعل الهدرجه
3-high pressure separator
4-low pressure separator
5-amine absorber

❖ في البداية يتم رفع درجة حرارة الدخل عن طريق المبادل الحرارى يليه عملية الخلط مع الهيدروجين ثم الدخول الي الفرن و بعد خروج التغذية مع الهيدروجين من الفرن يدخلوا علي مفاعل الهدرجة ؛ وهذا عبارة عن مفاعل ملئ بالعامل الحفاز مثل :المولبيديوم والنيكل والكوبلت داخل المفاعل فيتم تفاعل ال هيدروجين على الشوائب الموجودة داخل ال تغذيه ويخرج (دخل نقى وغاز غنى بالهيدروجين)

❖ يتم تبريد الناتج الخارج من المفاعل ثم يدخل علي فاصل ضغط عالي والذي يتم فيه اكتمال الفصل بين الدخل النقى والغاز الغنى بالهيدروجين ؛ فيتم ارسال الدخل النقى من أسفل ال فاصل الضغط العالى الي وحدة فاصل الضغط المنخفض حيث يتم فصله الي الغاز المستخدم في انابيب البوتاجاز LPG ومنتجات اثقل يتم ارسالها الي وحدة الفصل مرة اخري.

❖ أما الغاز الغنى بالهيدروجين فيخرج من أعلي فاصل الضغط العالى الي ممتص الامين حيث يتم فصل ال هيدروجين عن الشوائب ليتم استخدامه مرة اخري.

Industrial Naphtha

مصطلح ينبغى علينا كمهندسين كيميائيين معرفة هويته ..

لكن أولاً يجب علينا معرفة هوية الموصوف ألا وهو ال Naphtha.

فهو عبارة عن خليط من الهيدروكربونات يتم الحصول عليه كمنتج وسط بين الغازات الخفيفة فى أعلى البرج والكيروسين أثناء عملية التقطير .. متطايرة وقابلة للاشتعال كما أنها لا تذوب فى الماء .. تخضع ل SP.GR تساوى 0.7

وكقطفة فإن لها boiling range يتراوح ما بين تحت 30-200 C° كمصطلح عام Naphtha ولكن تم تقسيمها إلى نوعين (خفيفة و ثقيلة).

الخفيفة منها يتراوح ال boiling range ما بين (30-90) أما الثقيلة (90-200) c° .

تصنيف النافثا

تصنف ال Naphtha تبعاً ل Solvency التى تحدد بطريقة تسمى Kauri-Butanol Test إلى :

1- Aliphatic (paraffin, naphthens): وهنا تكون قيمة ال Solvency = 45 فيما أقل .

2- Aromatic: إذا كانت قيمة ال Solvency = 98 فيما أكثر .

3- Intermediate: وهنا يتراوح مدي ال Solvency ما بين النوعين الآخريْن .

4- Odorless: وهنا تنعدم قيمة ال Solvency.

تجرى بعض الاختبارات الأخرى على ال Naphtha مثل (Distillation Range - Color - Evaporation Range - Gravity and density - Volatility)

لمَ هناك اختبار مثل ال color ..! وذلك لأهميته فى الدهانات.

إذن ل Naphtha استخدامات ..! ولكن إذا أردنا أن نتحدث عنها فلابد أن نذكر كلا النوعين على حدا

أما عن الخفيفة فهى تستخدم ك feedstock للحصول على olefins مثل ethylene و propylene .. و aromatics مثل benzene و toluene

وذلك عن طريق تسخينها فى وجود بخار الماء وغياب الأكسجين إلى أن hydrogen fall apart

وتكمن أهمية المنتجات فى صناعة البلاستيك و synthetic fiber precursors

أما عن الثقيلة فهى تستخدم ك feedstock لعملية ال reforming وذلك لزيادة رقم الأوكتان.

كما أن ال Naphtha تستخدم كمذيب لأنها سائل فلها القدرة على ذوبان بعض المواد مثل Gums, Resins and Grease.

وتستخدم أيضاً ك Thinner لذا تضاف للدهانات والورنيش مع عدم تقليل ال power of the solvent.

وتستخدم أيضاً ك diluent لتقليل ال power of the solvent.

Petroleum gases

من المهم معرفة مدخلات ومنتجات كل وحدة .. أما الآن سنتحدث قليلاً عن أول منتج لوحدة التقطير التجزيئى والذى يتميز بأقل boiling range ..ألا وهو ال petroleum gases ..

والذى يصنف لنوعين:

1- Natural gases

والذى يمكن الحصول عليه من ثلاثة مصادر ..

A- Natural gas reservoir

ويكمن تكوينه هنا من الميثان بنسبة 85% والإيثان يتراوح بين 10-12%

B- Condensate reservoir

والذى يتكون هنا بنسبة كبيرة من الغازات الأثقل من C2, C1 .. وكذلك النوع التالى

C- Crude oil reservoir

حيث يسمى الغاز الذى يحتوي على 800 gm/m^{3} من الهيدروكربونات الثقيلة ب wet gas ..أما ما يحتوي على 100 فيما أقل ب dry gas.

2- Refining gases

وهى الغازات التى يتم الحصول عليها بصورة غير مباشرة من عمليات المعالجة ويسمى باسم العملية التى يتم إنتاجه بها مثل distillation gases - cracking conversion gases - reforming gases.

- Liquefied Petroleum Gas (LPG)

ويتكون من أحد أو أكثر من مكون من تلك الهيدروكربونات

(propane - propylene - butane - butylene)

وأيضاً نسبة صغيرة من ال ethane وال isopentane.

وللتفريق بين ال LPG الناتج من النوع الأول و الثانى .. يسمى الخارج من عمليات المعالجة ب LRG.

LPG. يتكون بشكل أساسى من البروبان والبيوتان والذى يستخدم فى أنانيب المنازل ..

أما الخارج من عمليات المعالجة فيحتوى على نسبة من ال olefins لذا يستخدم فى معامل البتروكيماويات.

كما إنه يستلزم بعض المواصفات اللازم ضبطها فى الغاز منها ال vapor pressure للبروبان لا يزيد عن (215 psi) وللبيوتان (70 psi) عند F°70

• الطرق الكيميائية لإزالة غاز H_2S :

وذلك عن طريق إضافة مواد مثل ($NaOH$ - $Ca(OH)_2$ - FeO - Na_2CO_3)

أو عن طريق ما يعرف ب Girbotal method وذلك بإضافة RNH_2

أو عن طريق Shell process وذلك بإضافة K_3PO_4.

تجفيف الغازات

عن طريق

- ❖ Compression, cooling and refrigeration.
- ❖ Absorption
- ❖ Adsorption

ونختم ب Specifications and standard grads of LPG

- درجة غليان البروبان والبيوتان لا تزيد عن F°34

- تواجد نسبة قليلة من H2S وذلك لأضراره فى التسبب بالتآكل

- negative copper-strip corrosion test .. حيث يوضح هذا الاختبار تأثير مكونات الغاز على الأنابيب المصنوعة من النحاس

- تواجد المياه عن طريق اختبار cobalt bromide test

لتقليل فرصة تكوين ال hydrate الذى يسبب plugging للأنابيب.

Waxes

نستكمل رحلتنا فى معرفة المنتجات البترولية مع منتج جديد وهو Petroleum Waxes .
وهو عبارة عن شموع صلبة تظهر عادة فى ال paraffinic base crudes كما أنها تتواجد مع قطفة ال lubricating oil ويجب فصلها منها قبل استخدامها.

كما أنها تُقسم لنوعين :

1) paraffinic waxes in petroleum distillate
وهنا تتكون بشكل رئيسى من ال normal paraffins التى تتراوح بين C20-C30 ودرجة انصهارها تتراوح بين 43-71 C° .

❖ Slack Wax
وهو ال paraffin wax الناتج من عملية المعالجة ل lubricating oil ومن خواصه :

- مادة صلبة بيضاء
- خالى من الزيت
- لا طعم له ولا رائحة
- درجة انصهاره تتراوح بين 1-2°C

❖ Microcrystalline Waxes in residuum
والتى تتكون بشكل رئيسى من iso and cycloparaffins and some aromatics.

وتنتج عادة من ال heavy lubricating oil residue .. كما أن درجة انصهارها تتراوح بين 60-90°C. ويتواجد فى عدة ألوان منها الأبيض والأصفر والأسود والبنى .. ويتنوع تركيبها ما بين hard brittle solid و soft plastic material.

2) Petrolatum or Petroleum Jelly
وهى النوع الثانى ولكن تحتوي على نسبة كبيرة من الزيت.

هناك طريقين لاختبار ال waxes .. الأولى تُعنى بالتعرف على الطبيعة الفيزيائية للمادة أنا الثانية فيقاس بها خواصها.

وهناك أيضاً بعض الاختبارات التى تحدد الأهمية الاقتصادية لل waxes منها:

- درجة الانصهار
- اللون
- API gravity
- flash point
- viscosity
- chemical stability test
- flexibility test.

Petroleum Asphalt

استكمالاً لجولتنا حول معرفة المنتجات البترولية .. سنتحدث عن منتج آخر هو Petroleum Asphalt.

يوجد فى كل أنواع البترول بنسب متفاوتة كما أنه أثقل قطفة تُنتج من برج التقطير ويستخدم فى أسفلت الطرق بعد خلطه بالأسمنت وبعض المواد الأخرى حيث يعرف الخليط باسم Cut back Asphalt.

للأسفلت أنواع منها:

1) Asphalt cement

وهى مادة لدنة تتأثر بالحرارة ، تتنوع بين اللين والصلابة فى درجات الحرارة المعتادة .. ولكن يلزم تسخينه وتحويله للحالة السائلة حتى يستخدم فى التطبيقات المتعددة بعد خلطه بمواد أخرى.

كما أن هناك أربع درجات من أسفلت الأرصفة ودرجة واحدة للاستخدام والاستخدامات الخاصة .. فقد أصدر المعهد الأمريكي لاختبار المواد أربع درجات ل Asphalt cement تبعاً ل penetration test وهم

(200 :150 ,100:120, 85:70,60:50)

2) The liquid asphalts

وهو نوع من هذه الأنواع الثلاثة:

١- Slow Curving (SC)

وهو المتبقى من برج التقطير من بعض ال crudes ويمكن تحضيره عن طريق خلط Asphalt cement مع oily petroleum fraction.

٢- Medium Curving (MC)

٣- Rapid Curving (RC)

فالنوعين الثانى والثالث ينتجوا من خلط Asphalt cement مع ال naphtha أو الجازولين أو الكيروسين.

والأنواع الثلاثة ينتج منهم ست درجات تتراوح بين 0-5 حيث أن الصفر يعنى the most liquid.

الاختبارات التى تجرى على كلا النوعين ..

أما التى تجرى على النوع الأول

١- penetration

وهو مقياس لل relative hardness asphalt وتقاس بوحدات mm10/1 .. و ال soft cements تخضع لأكبر رقم ل penetration.

٢- flash point

وهى مقياس عن قدرة المادة لعدم الاشتعال عند تسخينها.

٣-Ductility

وهى مهمة فى كثير من التطبيقات كما أنها تقاس بما يسمى ب extension.

٤- Solubility

حيث يتم إذابة ال cement فى مذيب مناسب مثل ال carbon tetrachloride لمعرفة المعادن الموجودة به.

٥- loss on heating test

وهى مقياس لدرجة الحرارة التى يُفقد عندها الخواص الأصلية.

أما الاختبارات التى تجرى على النوع الثانى :

١- flash point

ويحدث هذا الاختبار ل back asphalt و ال road oil وال SC بطريقة ال open cup ولا يجرى على ال MC و RC وذلك بسبب ال Volatility العالية. كما أنه لا يجرى على ال emulsified asphalt.

٢- viscosity

وهو مقياس لمدى التجانى لل liquid asphalt

٣- distillation

وهو مقياس لنسب المكونات الموجودة فى الأسفلت لاختيار أنسب الطرق لفصلها.

Blown asphalt

يتم إنتاجه عن طريق ضخ الهواء خلال ال residual oil فى درجة حرارة تتراوح بين (600-400) F° . ويستخدم فى تغطية الأنابيب تحت الأرض

ويعتبر ال softening point test مقياس لمدى ليونته أو صلابته.

Sulfur Recovery unit (SRU)

أتعرف ما هو الفرق بين ال acid gas وال sour gas ؟

قبل أن نعرف ذلك لابد أن نعرف غازيين أساسيين هما

- H_2S (Hydrogen Sulfide)

- CO_2 (Carbon dioxide)

إذا احتوى الغاز على كلا الغازين أو أي غاز آخر يسبب التآكل يسمى acid gas ..

أما إذا احتوي الغاز على H_2S فيسمى ب sour gas.

• H_2S

- الغاز أو ال stream عاماً يقال عليه sour إذا احتوى على حُبيبة من H_2S لكل مائة قدم تكعيب.

- له رائحة تشبه تماماً عفن البيض.

- يسبب التآكل.

- مشتعل ولكن درجة الحرارة التى يشتغل عندها ذاتياً هى ٢٣٠°م.

- التعرض إلى 1000 ppm يؤدى الوفاة لحظياً.

وحسب ال Environmental regulations لا ينبغى للإنسان أن يتعرض لنسبة تزيد عن 10 ppm منه لمدة عشر دقائق.

وبعد أن أدركنا خطورة هذا الغاز كان لابد من إنشاء وحدة لإزالته وهى ال Sulfur Recovery Unit (SRU).

يوجد كثير من الطرق لإزالته من ال crude ولكن سنتطرق للحديث عن وحدة ال Sulfur Recovery بشركة أموك .. والتى تسمى THIOPAQ وهى ذات كفاءة عالية جداً تصل ل 99.5% وتقلل تركيز ال H_2S لحد يصل إلي 4 ppm .

وميكانيكيتها كالآتى .. فهى Absorber بواسطة mild alkaline solution يقوم بامتصاص H_2S من ال stream ومن ثم يحدث أكسدة للغاز الممتص يتحول بعدنا إلى كبريت يتم تجميعه فيما بعد.

رغم ما للكبريت من كوارث وخطورة كبيرة إلا أن له مجموعة من الفوائد منها:

- يستخدم فى صناعة البارود والألعاب النارية وأعواد الثقاب.

- يستخدم فى صناعة المبيدات الحشرية.
- يستخدم فى صناعة حمض الكبريتيك.
- وصناعة مخصبات التربة والأسمدة.
- ال vulcanization of rubber وهى عملية تستخدم لتقوية المطاط وزيادة صلابته.

Vapor Recovery Unit

كوننا مهندسين كيميائيين يندرج مصطلح ال optimization تحت أهدافنا فى كل معاملاتنا ..

لذا لتحقيق الفائدة القصوى من الغازات المنتجة من قمة برج التقطير ، يجب فصل كل غاز على حدا وذلك لأهمية كل غاز واستخداماته المختلفة باستخدام وحدة تسمى Vapor Recovery Unit (VRU) .

فالغرض الأساسى منها هو استرجاع غاز البروبان والبيوتان من الغازات الأخف.

تتكون الوحدة من عدة مراحل تبدأ بإزالة غاز H_2S ثم الإتيان لبرج فصل الإيثان عن طريق ال absorption بواسطة النافتا الخفيفة التى تمتص كلاً من البروبان والبيوتان فيخرج الإيثان وما أخف من قمة البرج ويخرج البروبان والبيوتان مع النافتا من قاع البرج.

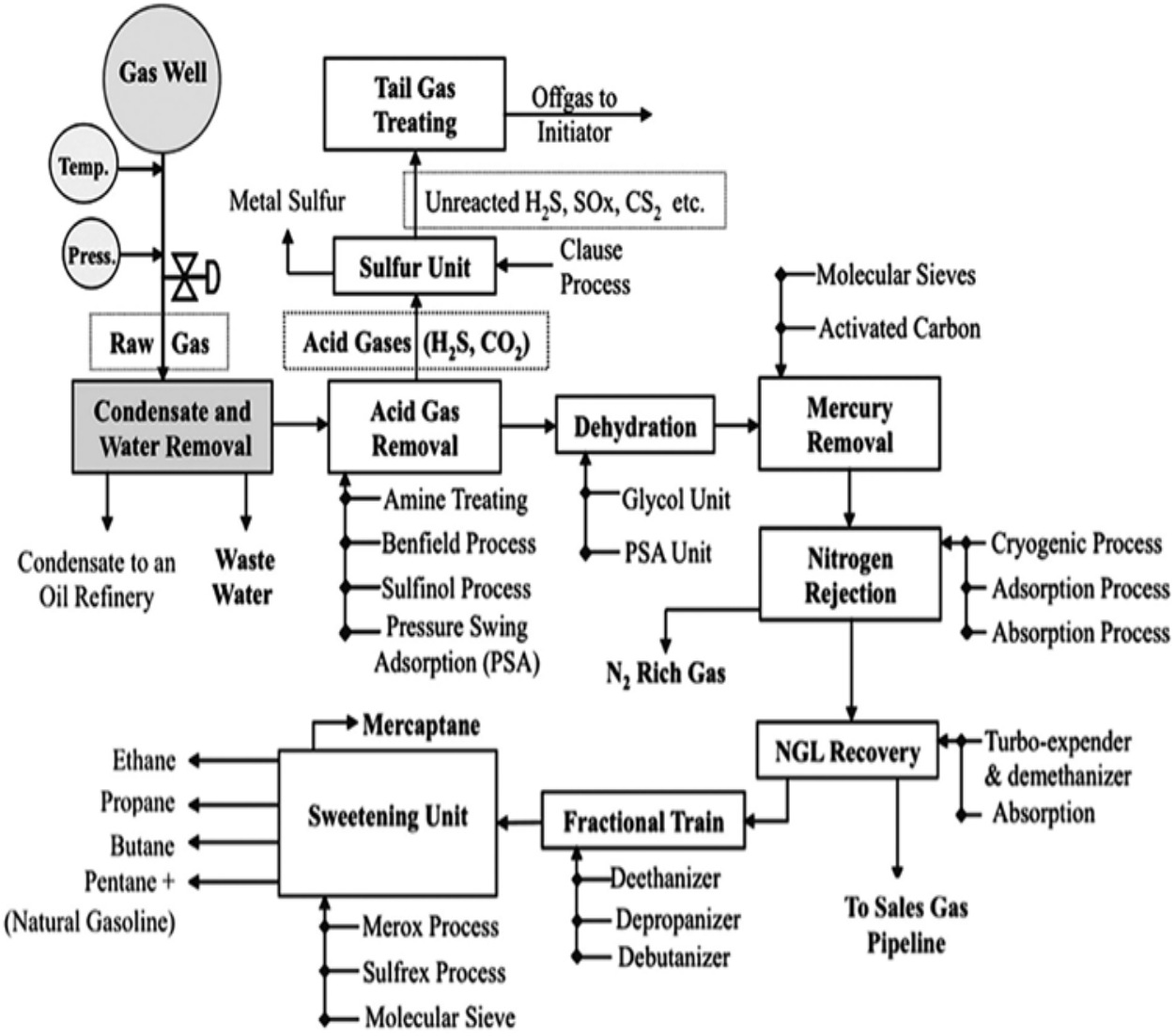
ثم يتم إدخالهم إلى De-propanizer لفصل البروبان عن البيوتان فيخرج البروبان من قمة البرج أما البيوتان والنافتا يتم سحبهم كمنتج ثقيل من القاع.

ومن ثم يتم إدخالهم إلى Debutanizer لفصل البيوتان عن النافتا فيخرج البيوتان كمنتج خفيف من القمة والنافتا كمنتج ثقيل من القاع.

أما الشركات التى تتواجد بها تلك الوحدة فى مصر هى:

- شركة القاهرة لتكرير البترول
- شركة السويس لتصنيع البترول
- شركة أسيوط لتكرير البترول.

Gas processing



Introduction and water problems

- بعد استخراج الغاز من ال reservoir يخرج بجودة سيئة جدا بسبب الشوائب المصاحبة للغاز مثل بخار الماء وكبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون وغيرها، وتعتبر معالجة الغاز هي مجموعة العمليات التي تقام علي الغاز للتخلص من هذه الشوائب.

- وقبل ما التعمق في معالجة الغاز وكيف نتخلص من هذه الشوائب، نبدأ بذكر أنواع ال reservoirs وهم:
  1. Oil Reservoir
  2. Gas Reservoir
  3. Oil and Gas Reservoir

ويتواجد الغاز في الثلاثة انواع بكميات مختلفة، وأقلهم هو ال oil reservoir

- ومن أبرز الشوائب في الغاز التي يلزم التخلص منها هي الماء (H2O)، ويتواجد في صورتين هما:

1 -في صورة free liquid water وهي سهلة الفصل عن طريق أول فاصل يمر عليه الغاز.

2 -في صورة saturated مع الغاز وفي هذه الحالة يسبب عدة مشاكل مثل:

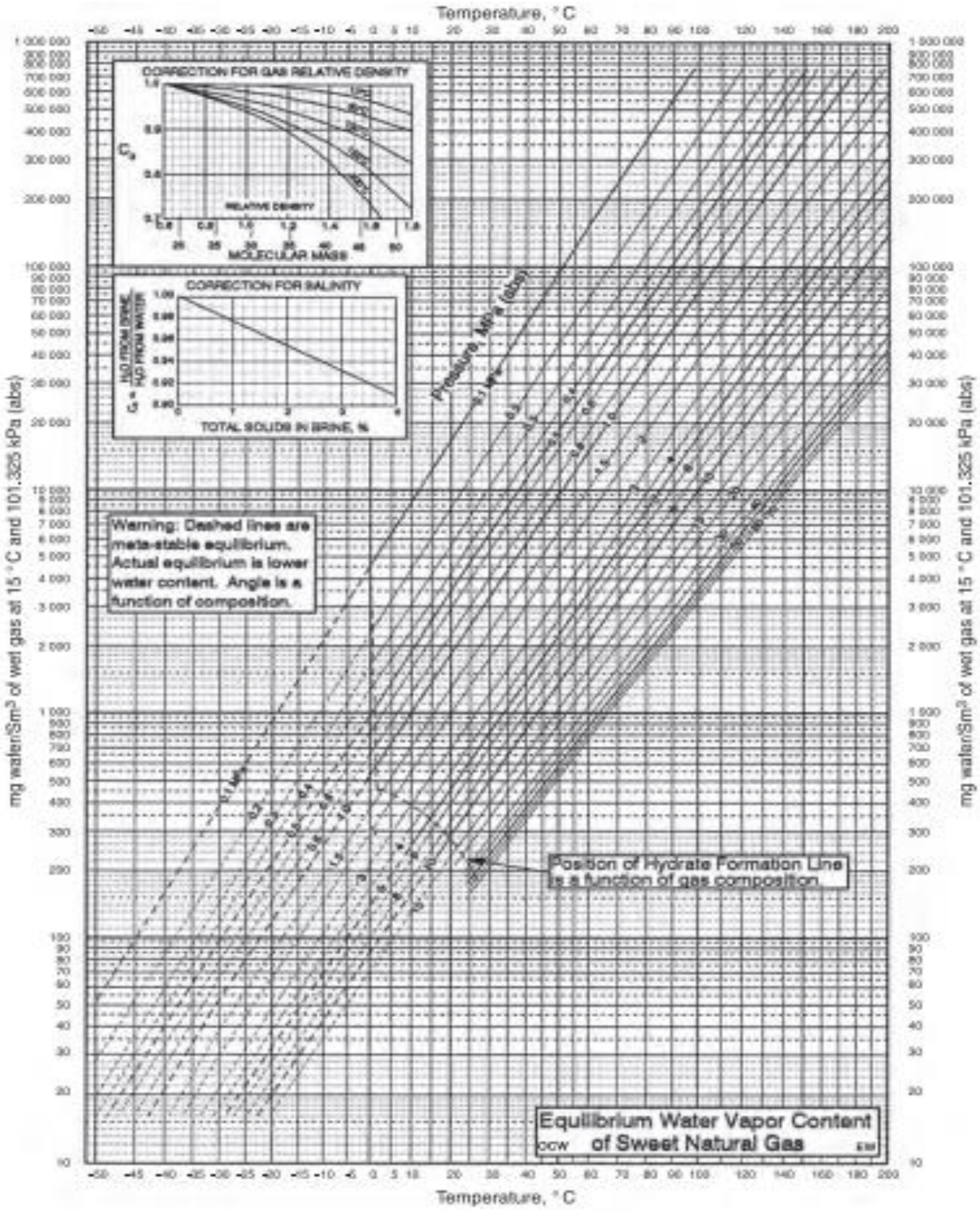
- Corrosion
- Slugging in Pipelines
- Decreasing Heating Value
- Hydrate

وتعتبر آخر مشكلة من أخطر مشاكل الماء ويجب دراستها جيدا والتعرف علي أسبابها و طرق التخلص منها.

- ال hydrate هو عبارة عن crystal lattice؛ بللورات من جزيئات الماء ك host moleculesوحاصرة بداخلها جزيئات الغاز ك guest molecules مثل غاز الميثان.

- وتتكون هذه ال crystals عند ال hydrate point وهي عبارة عن الضغط ودرجة الحرارة التي يتكون عندها ال hydrate وتزداد أو تقل علي حسب نسبة الماء في الغاز وينتج عنها انسداد لخطوط النقل بالإضافة الي تقليل كفاءة العملية.

لحساب نسبة الماء الموجودة في الغاز، توجد عدة طرق أشهرهم عن طريق Graph يسمي (Macktte-Wehe)، وهو يمثل علاقة بين الضغط ودرجة الحرارة وكمية الماء الموجودة في الغاز، ونستنتج منه ان كلما زاد الضغط وقلت الحرارة تقل كمية الماء في الغاز.



Macktte-Wehe graph

❖ تظهر مشكلة ال hydrate عندما تقل درجة حرارة العملية عن ال dew pointوتعرف ال Dew Point بانها درجة الحرارة والضغط اللي يتكون عندها اول قطرة سائلة من الغاز كما تُعتبر مقياس لجودة الغاز.

وللتخلص من مشكلة تكون ال Hydrate عدة طرق مثل:

1. التسخين عن طريق تمرير الغازعلي مبادلات حرارية او عمل تسخين غير مباشر لأنابيب النقل وتعتبر هذه الطريقة صعبة الاستخدام بالنسبة للأنابيب الموجودة تحت ماء البحر.

2. حقن المواد الكيميائية حيث تستخدم فيها Chemicals لتقليل ال Dew point أو ال Hydrate Pointمثل:

- الميثانول: يستخدم في العمليات لفترات زمنية قصيرة ولا يمكن استرجاعه ولا يتفاعل مع الهيدروكربونات ويتم حقنه بصورة غير متصله.
- الجليكول: يستخدم في العمليات لفترات زمنية طويلة ويمكن استرجاعه وله عدة أنواع مثل:

1- Mono Ethylene Glycol [MEG]
2- Di Ethylene Glycol [DEG]
3- Tri Ethylene Glycol [TEG]
4- Tetra Ethylene Glycol

مصطلح الـ Natural Gas Processing يقصد به عمليات الفصل لكل الـ Components الموجودة ومصاحبة للNatural Gas حتي يتحول الي Pure Natural Gas وتشمل هذه العمليات أربعة مراحل أساسية هم:

1. Oil & Condensate Removal
2. H_2S & CO_2 Removal
3. Water Removal
4. NGL Recovery

نبدأ مع أول مرحلة وهي Oil & Condensate Removal وهي تتم عن طريق استخدام (Three Phase separator)

١. الغاز يخرج من الأعلى مشبعا بالماء

٢. ومن الأسفل يوجد مخرجان الأول يخرج منه ال liquid water والاخر يخرج منه ال Oil ويكونان مشبعان بنسبة من الغاز

ومن الـ specifications المهمة بالنسبة لل Natural Gas ما يسمي بالقيمة الحرارية أو Heating Value
وهي كمية الحرارة الناتجة من لحظة احتراق الغاز حتي تصل نواتج الاحتراق الي 25 درجة سليزيوس، وقيمتها تكون في المدي:
(35.400 to 42.800 KJ/Sm3)

بعد إزالة الزيت من الغاز تقل القيمة الحرارية للغاز ولكن يلزم الحفاظ عليها لتكون في المدي المطلوب وذلك عن طريق ترك كمية من الايثان مع الغاز للحفاظ علي المحتوي الحراري.

نقطة أخري يجب وضعها في الاعتبار أثناء نقل الغاز من الابار الي وحدات المعالجة وهي الـ Dew point للهيدروكربون وهي درجة الحرارة التي يتكثف عندها الهيدروكربون و يبدأ تكون two phase flow في الانابيب ويؤدي إلى slugging وزيادة فرق الضغوط داخل الخطوط.

وكلما زادت الـ dew point of HCs كان دليلا علي وجود heavy HCs في الغاز بكمية أكبر.
لذلك فالحل الأنسب هو ازالة كمية من الـ Heavier HCs وبالتالي نقلل من مشكلة ظهور two phases في الخطوط.

والان نبدأ الحديث عن طرق ال Oil and Condensate Removal ونبدأ بأول طريقة وهي:

J/T Process (Joule/Thomson):

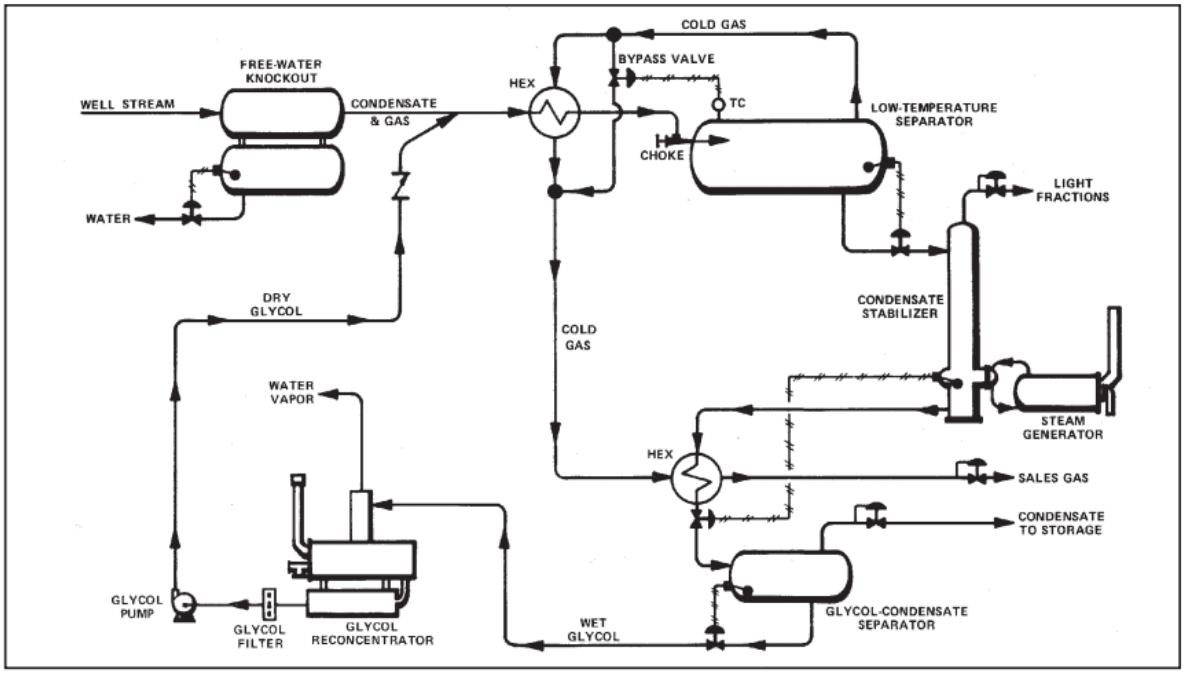
وفكرتها معتمدة على الlow temperature separation وهي تعني تقليل درجة حرارة الغاز وبالتالي تكثيف الزيت والماء وفصلهم بسهولة، تقليل الحرارة ينتج عن عمل expansion للغاز فيقل الضغط وبالتالي تقل درجة الحرارة وعندها يتكثف الزيت والماء الموجودان بالغاز.

ولكل كيف نقوم بعمل Expansion للغاز؟
أكتر الطرق المستخدمة هي ال Choke Valve وهو عبارة عن Control Valve طبيعي ولكن يتميز بأن ال cone وال seat به أكثر مقاومة لل erosion وتستخدم هذه الطريقة فقط في حالة إن الغاز القادم من ال offshore ضغطه عالي.

علي الصعيد الاخر عندما تقل درجة الحرارة سيبدأ ظهور مشكلة تكون ال Hydrate ولكي نمنع تكوّنه هناك طريقان:

[LTS] hydrate inhibitor

الغاز القادم من الابار يدخل على free-water knockout drum، فيها يتم فصل أي free liquid water،
ثم يتم تمرير الغاز والCondensate علي مبادل حراري لتقليل درجة الحرارة، وهنا يبدأ التخوف من تكوّن ال Hydrate فنبدأ بحقن الجليكول، بعد التبريد يذهب الي ال choke valve فيحصل تقليل للضغط ثم يدخل علي Low temperature separator حيث يحدث expansion للغاز ومن ثم تقل درجة الحرارة للجاز وال Condensate ويتكثف الcondensate والماء ويتحوّلوا للحالة السائلة.



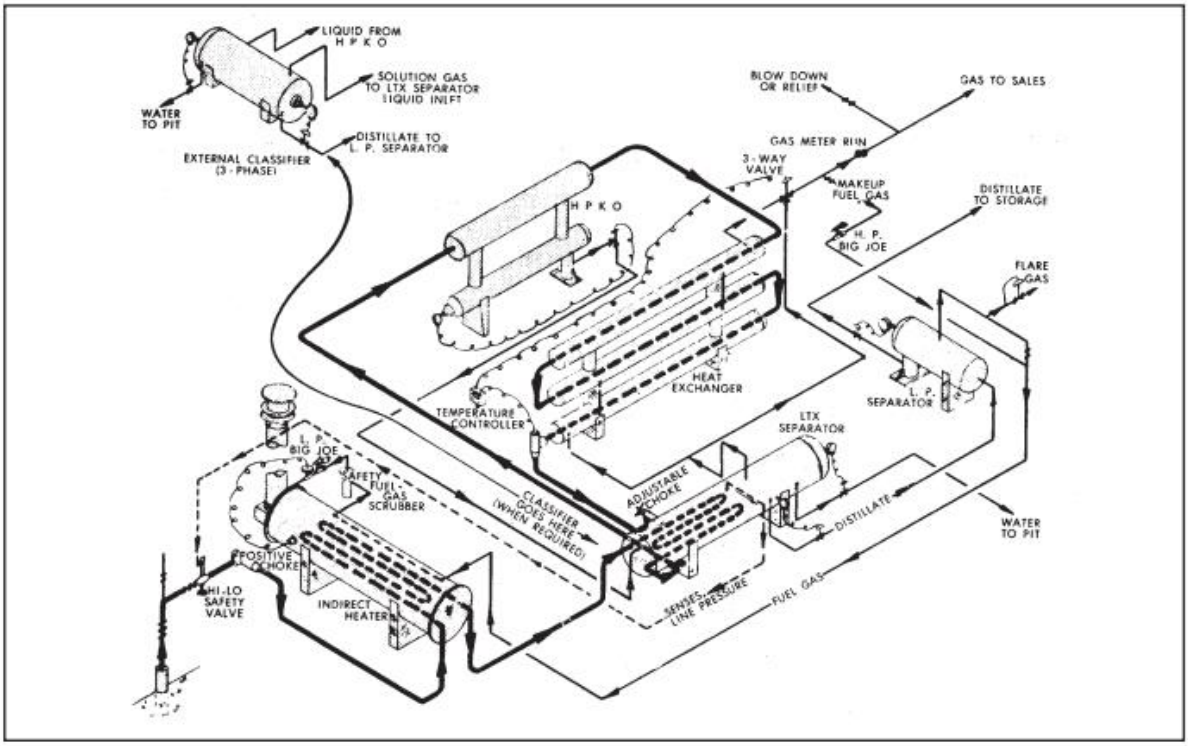
LTS with hydrate inhibition

[LTX] Hydrate

- وهنا نقوم بتمرير الغاز وال Condensate على indirect heater لرفع درجة حرارتهم، ثم يدخل على ال LTX Separator والغرض هنا ليس الفصل ولكنه يمر بأنابيب بقاع الفاصل لكي يقوم بتسخينه ويخرج مرة اخري، ثم يدخل علي high pressure Knockout drum لفصل أي free liquid water، ثم يدخل علي مبادل حراري لكي يحافظ على درجة حرارة الغاز وال

Condensateأعلي من منطقة تكون ال hydrate حتي لا يتكون قبل دخول ال LTX Separator

- بعد ذلك يدخل على ال choke valve ومن ثَمّ يدخل علي ال LTX بدرجة حرارة منخفضة، فيتكثف ال condensate والماء وهنا يبدأ تكوّن ال Hydrate ويهبط لأسفل ال LTX Separatorولكننا قمنا بتسخين القاع من قبل لذلك يذوب ال Hydrate بهذه الحرارة.



LTX with hydrate melting

Mechanical Refrigeration System

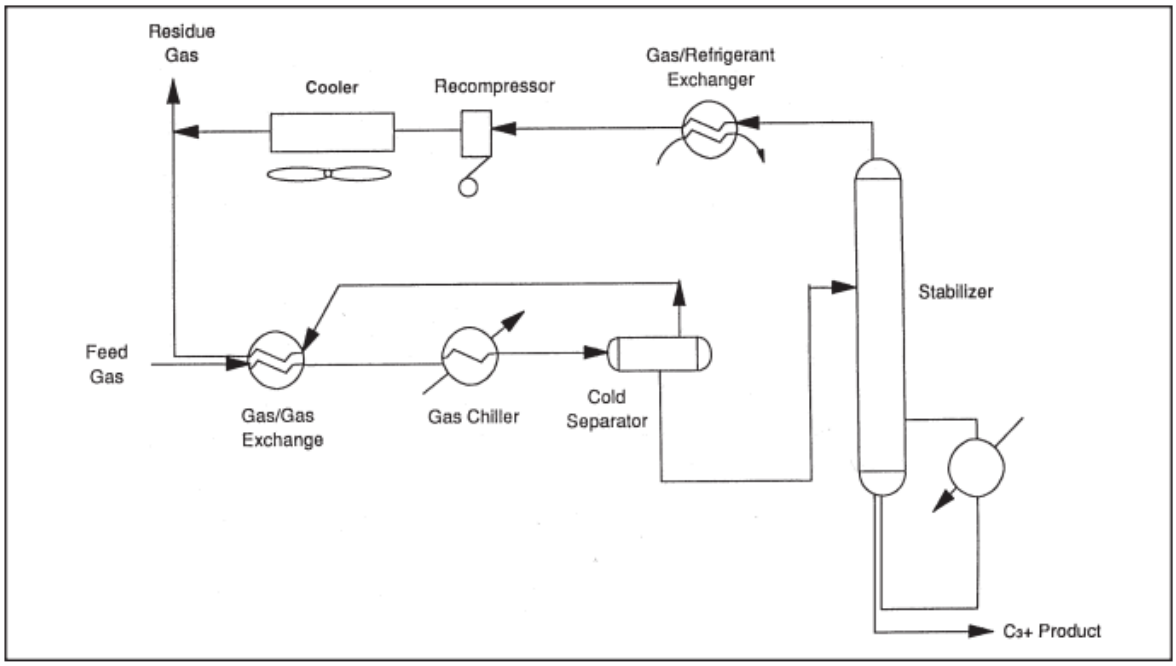
- الطريقة الثانية لإزالة ال Oil والCondensate هي التبريد أو ال cooling by refrigeration system

- في حالة إن ضغط الغاز قليل لن تستخدم الطريقة السابقة، وبالتالي يجب وجود طرق أخري تناسب ظروف الضغوط المنخفضة ومن هنا برزت طريقة ال Mechanical Refrigeration System.

- خلال هذه العملية يمر الغاز علي مبادل حرري للتبريد، وهنا يبدأ القلق من ظهور Hydrate فيبدأ حقن الجليكول قبل الدخول علي المبادل، ثم يذهب الي ال chiller وهنا نقوم بحقن مبرد مناسب مثل غاز البروبان، فيتبرّد الغاز بشكل كافي قبل الدخول الي الفاصل علي هيئة سائل وغاز، يصعد الغاز لأعلي ويمر علي مبادل لتبريد الغاز القادم، ومن الأسفل يخرج السائل condensate وفي نفس الوقت ال glycol الغني بالماء الذي يذهب الي وحدة ال regeneration ليتم استخدامه من جديد.

- والهدف الرئيسي لهذه الطريقة هو التحكم في ال Dew Point اما في حالة استخدامها في NGL Recovery فتعتمد حينها علي ثلاثة عوامل هم الضغط ودرجة الحرارة وتركيب الغاز.

- تركيز الهيدروكربون السائل صغير ينتج عنه كفاءة صغيرة في استرجاع ال NGL



Mechanical Refrigeration System

Refrigerated J-T Process

- لذلك اذا أردنا عمل استرجاع أكتر للهيدروكربون بكفاءة عالية مع التحكم في ال Dew Point سنحتاج لاستخدام طرق أخري، احدي هذه الطرق هي الطريقة الثالثة وهي عبارة عن دمج للطريقتين السابقتين وتسمي Refrigerated J-T Process

- هذه الطريقة مناسبة عند استخدام غاز ضغطه قليل مع احتواءه علي نسبة عالية من الايثان و الهيدروكربونات الأثقل.

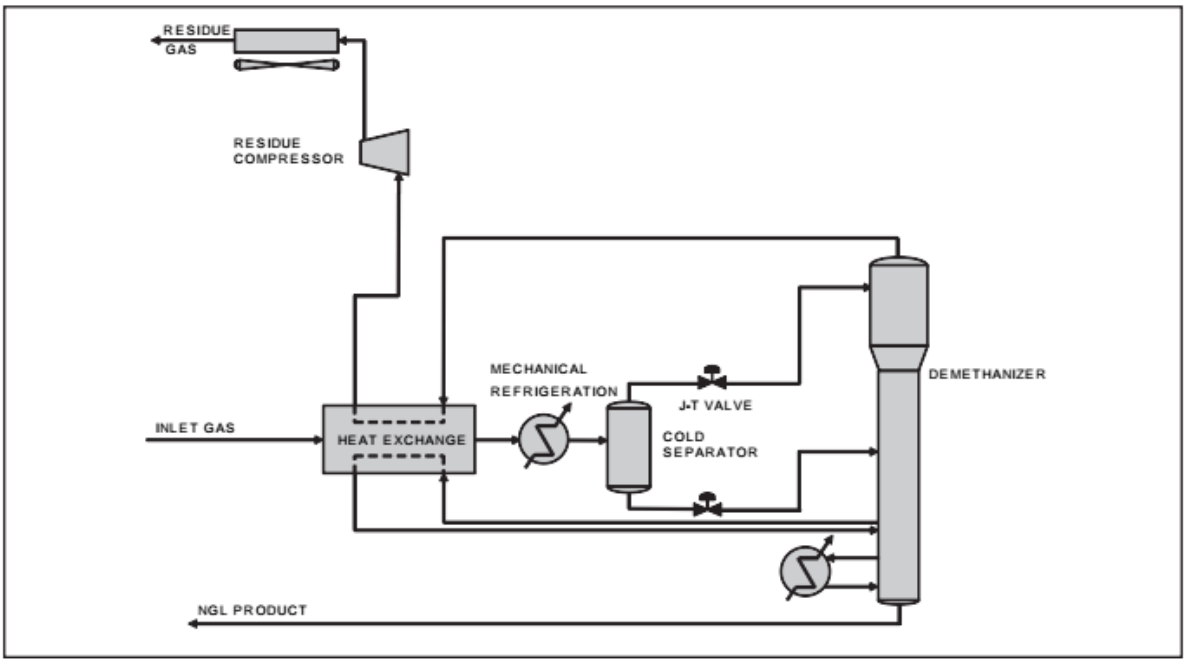
- في هذه الطريقة يدخل الغاز القادم أولا علي وحدة نزع الماء dehydration unit، وذلك لإنها تصنف بانها Cryogenic process أي تحت درجات حرارة منخفضة جدا وبالتالي مُعَرّضة لظهور ال Hydrate.

- عند درجة الحرارة المنخفضة جدا لا يمكن استخدم الجليكول لتخفيض ال dew point لدرجة حرارة أقل من درجة حرارة العملية، ولذلك نقوم بعمل تجفيف للغاز أولا لتقليل نسبة الماء به، وبالتالي تقليل احتمالية تكون ال Hydrate.

- بعد ذلك يمرر الغاز الجاف على مبادل حراري لكي يبرّد قبل الدخول الي chiller حيث تقل درجة حرارته لدرجات منخفضة جدا باستخدام مبرد مناسب مثل البروبان، وهنا تتكثف المواد الثقيلة ويدخل الغاز والسائل على ال cold separator؛ فيصعد الغاز من الأعلي، ويخرج السائل من الأسفل، يذهب كلا منهما على J-T valve لكي يحدث لهما expansion قبل الدخول الي وحدة التثبيت او stabilization unit او demethanizer column

- ال demethanizer column هو عبارة عن برج فصل عادي، يتم فصل الغاز البارد من الأعلي ونستغل حرارته المنخفضة في تبريد الغاز الخارج من ال Cold Separator وتبريد الغاز القادم من التغذية.

❖ أما من القاع يخرج ال condensate كمنتج، ولكي نحصل علي منتج بكفاءة أعلي يتم أخذ جزء من المنتج ويدخل علي Reboiler لتسخينه وارجاعه للبرج مرة أخري، ولزيادة الكفاءة بطريقة أخري يتم أيضا سحب جزء من جانب البرج وتسخينه قبل ارجاعه مرة أخري.



Refrigerated J-T Process

Turbo Expander

❖ هذه الطريقة السابقة لا تستخدم حاليا بكثرة وذلك بسبب اختراع نظام جديد وهو Turbo Expander

❖ ال Turbo Expander هو أكثر الأنواع استخداما في الوقت الحالي، خاصةً بعد عام ١٩٦٠م، أول ظهور للعملية كان سنة ١٩٦٠ عندما استطعنا الوصول لدرجة حرارة 1.6 °F وذلك مكننا من الوصول لكفاءة أعلي في استرجاع الايثان والهيدروكربونات الأعلى C2+ من الغاز.

❖ وكما ذكرنا من قبل، في درجة الحرارة المنخفضة جدا يجب نزع الماء أولا قبل دخول الغاز الي Turbo Expanderوذلك لمنع تكوّن ال Hydrate.

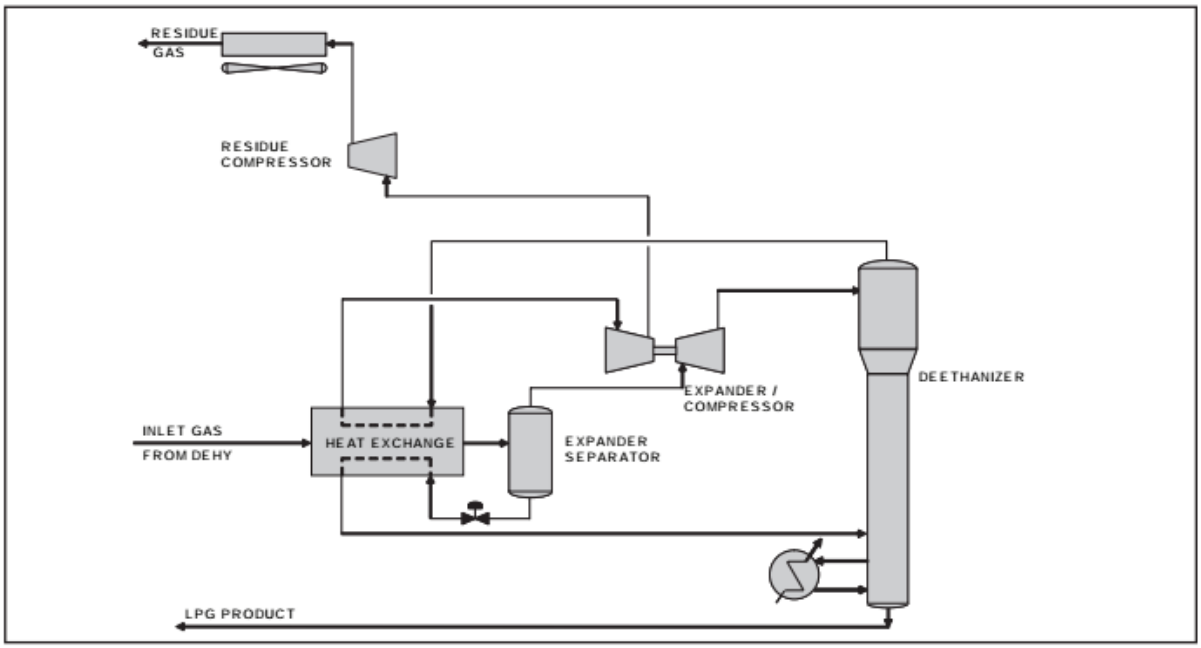
❖ تعتمد العملية بشكل رئيسي على ما يسمي ب Turbo Expander، وهو عبارة عن turbine متصل ب compressor على العمود، بحيث إن ال turbine تسحب الشغل من الغاز وبذلك

فهي تقلل من ال Enthalpy للغاز وبالتالي تقل درجة الحرارة بشكل كبير وهذا هو الفارق الجوهري بين هذه الطريقة وطريقة ال J-T Process حيث كانت ال enthalpy ثابتة.

- في هذه الطريقة يدخل الغاز أولا على فاصل لفصل ال free liquid water من الأسفل ومن الأعلى يخرج الغاز الي وحدة التجفيف dehydration unit لتقليل محتوي الماء وتقليل احتمالية تكوّن ال Hydrate في العملية، ثم يمرر الغاز علي مبادلين حراريين لتبريده تدريجيا قبل الدخول الي Cold Separator لفصل السائل المتكثف نتيجة التبريد، يخرج الغاز من الأعلى الي ال Turbine ثم الي Demethanizer

- وهنا ال demethanizer عبارة عن جزأين؛ الجزء الأعلى عبارة عن فاصل والجزء الأسفل هو برج تقطير، يخرج الغاز من الأعلى ويرجع علي مبادل لتبريد الغاز القادم ثم على ال compressor sideالخاص ب Turbo Expander فيزيد ضغط الغاز، ثم يمرر علي مبرد لتقليل حرارته ويخرج ك sales gas

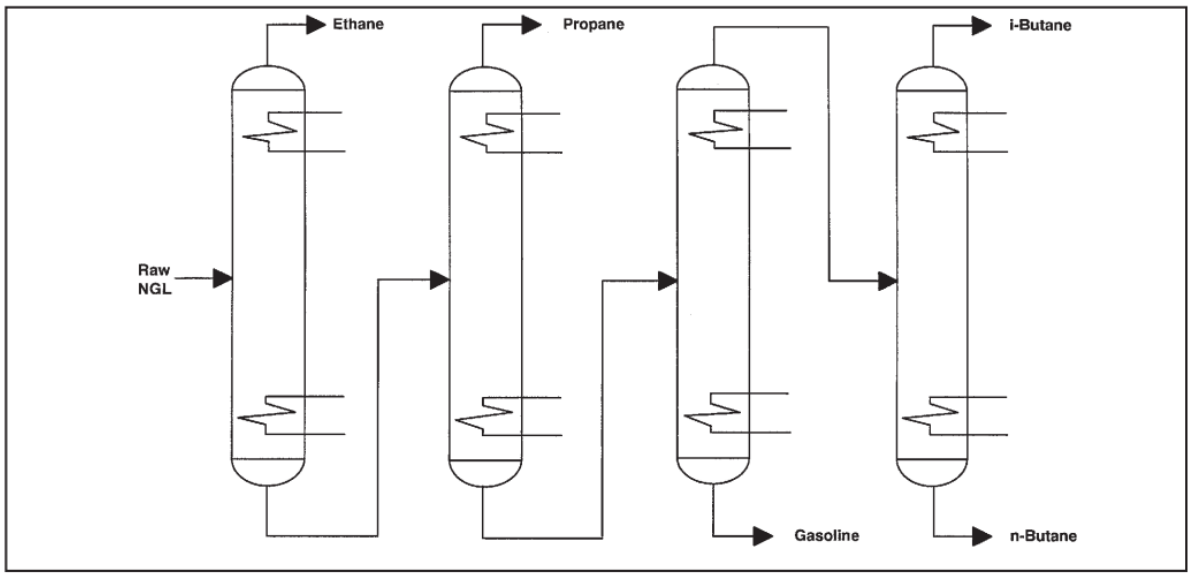
- أما بالنسبة للسائل الخارج من قاع ال cold separator يدخل الي قاع ال demethanizer، يتم تسخين القاع عن طريق Reboiler باستخدام ال sales gas قبل دخوله للمبرد، من قاع ال demethanizerيتم سحب ال condensate كمنتج.



Turbo Expander

NGL recovery

- يتكون ال condensate بشكل أساسي من خليط c3 و c4 و c5 و c6 حيث يطلق علي c3 و c4 اسم Intermediate Components ويطلق علي c5 و c6 اسم Heavy Components
- يوجد اتجاهان لل condensate الناتج، إما أخذه لوحدات معالجة أخري لاستخلاص منتجات محددة، أو ارساله الي الخزانات وبيعه كما هو.
- هذه الخزانات تكون معرضة للهواء الجوي أي تحت تأثير الضغط الجوي، هذا يعني أنه في حالة وجود أي غازات خفيفة لم يتم فصلها جيدا سوف تتبخر عند الضغط الجوي وتسبب زيادة في الضغط البخاري لل Condensate، ولذلك يلزم تقليل كمية هذه الأبخرة لتجنب حدوث Flashing داخل الخزانات، ويتم فصل هذه الأبخرة عن طريق الفصل علي عدة مراحل داخل separators أو باستخدام أبراج التقطير.
- في حالة معالجة ال condensate يكون الهدف هو استخلاص منتجات مثل الايثان الذي يستخدم كوقود او في الصناعات البتروكيماوية، والبروبان والبيوتان ويستخدمان ك LPG أو في صناعة البتروكيماويات، وال Natural Gasoline الذي يتكون بشكل أساسي من C5 ويُضاف للجازولين لضبط ضغطه البخاري.



NGL Recovery

Cement industry

Introduction

- اذا كنت مهندسا كيميائيا، كيميائيا، مهندس جيولوجيا أو حتي مهندس مواد (فلزات)، فإن هذا الموضوع يهمك ألا وهو (صناعة الأسمنت).

- **الأسمنت** هو المادة الرابطة الناعمة التي تتصلب وتقسي فتملك بذلك خواصاً تماسكية وتلاصقية بوجود الماء مما يجعله قادراً على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض. وأهم استخدام للأسمنت هو الملاط والخرسانة حيث يربط المواد الاصطناعية أو الطبيعية لتشكل مواد بناء قوية مقاومة للتأثيرات البيئية العادية.

- صناعة الاسمنت من الصناعات الكيميائية التي يتفاجئ بها معظم الناس نظرا لعدم تسليط الضوء عليها، لذلك من خلال هذا المقال سنتعرف عليها من خلال الحديث عن المادة الخام وعمليات الصناعة وانواع الاسمنت والقيود التي تحد من تلوث البيئة منها

تركيب الاسمنت

الخليط الأساسي لصناعة الأسمنت يتكون من:

- الحجر الجيري لاستخراج الكلس.(Calcite)
- الصلصال لاستخراج الطين أو الطفلة.

- تتكون الطَفلة أو الطين من تقريبا 50 % رمل و 15 % بوكسيت، والباقى عبارة عن أكسيد كالسيوم و أكسيد حديد وبعض الشوائب مثل الكلور والبوتاسيوم.

- وللوصول للمواصفات المطلوبة، يتم إضافة مواد أخرى لهاتين المادتين يطلق عليهم corrective materials وتشمل هذه المواد:
  1. أكسيد الحديد (Fe2O3)
  2. الرمل (SiO2)
  3. البوكسيت (Al2O3)

والان ننتقل لتركيب الأسمنت كيميائياً.

يتكون الاسمنت كيميائيا من أربع أكاسيد:

1- SiO_2 والمصدر الأساسي له هو الرمل.
2- Al_2O_3 والمصدر الأساسي له هو الطَفلة.
3- Cao والمصدر الأساسي له هو CaCO3 حيث يتحول الحجر الجيري إلي الجير الحي في درجات حرارة مرتفعة.
4- Fe_2O_3 والمصدر الأساسي له هو الحديد.

اتحاد هذه الاكاسيد مع بعضها تكون مركبات تسمي اطوار الكلنكر clinker
ولتسمية كل مركب جديد علي حسب مكوناته، من هنا قاموا بعمل رمز لكل أكسيد من الأربعة بحيث تكون العملية سهلة:

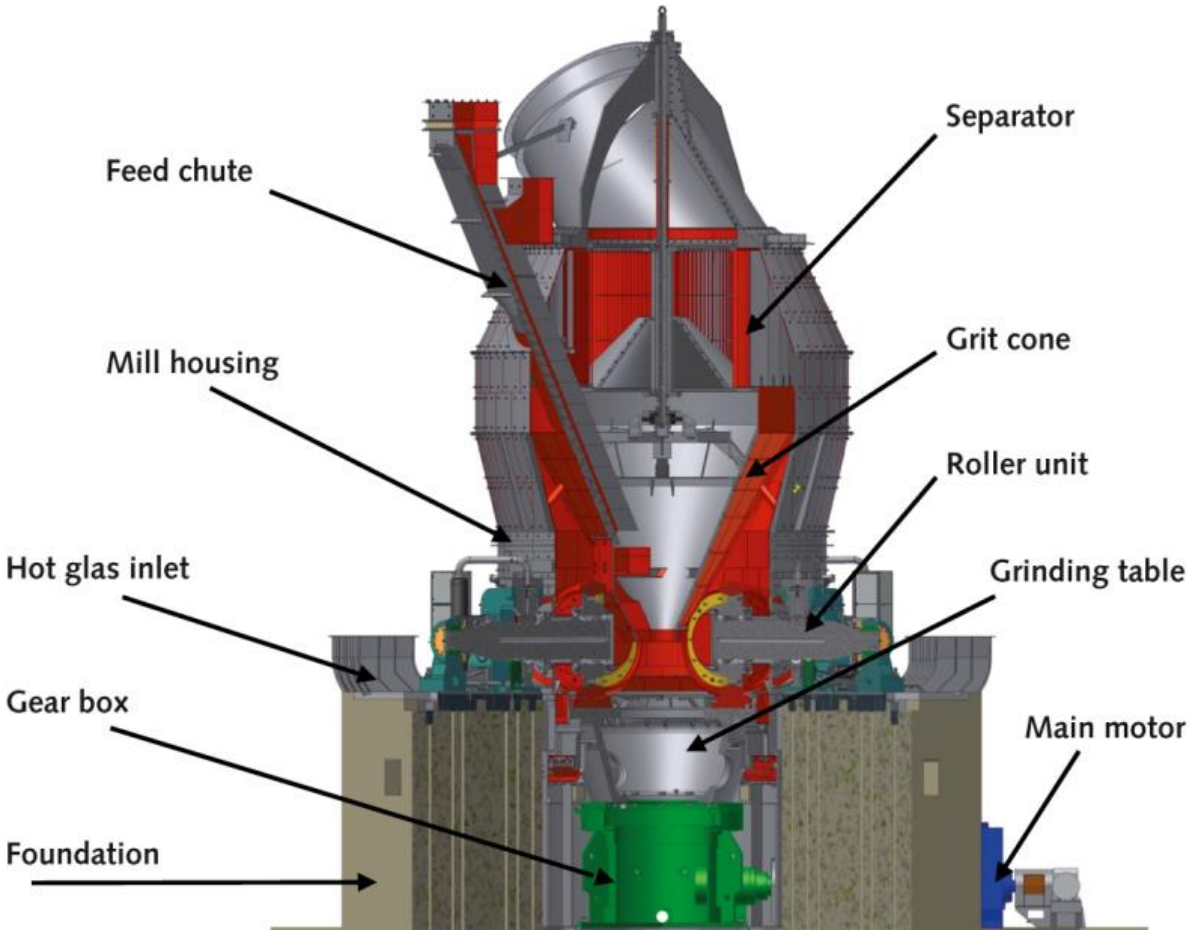
- رمز Cao هو ال C
- رمز Al_2O_3 هو ال A
- رمز SiO_2 هو ال S
- رمز $Fe2O_3$ هو ال F

مثال: مركب يسمي C3A هو عبارة عن 3 جزيئات CaO مع جزئ Al2O3.
ويتكون الاسمنت تقريبا من 75 % من الحجر الجيرى و20 % من الطفلة و3 %من الرمل و2 %من الحديد.
وتختلف هذه النسب من مكان لاخر طبقا لثلاث معاملات:

1- معامل تشبع الجير (Lime Saturation Factor)
2- معامل السيليكا
3- معامل الألومينا

Manufacturing steps

- يتم إضافة المواد الخام مع بعضها البعض وتدخل طاحونة ضخمة تسمى طاحونة الخام Raw Mill وداخل هذه الطاحونة لا يحدث أي تفاعل كيميائى، كل الغرض منها هو طحن المواد الكيميائية مع بعضها البعض بغرض زيادة السطح المعرض للتفاعل بحيث نضمن إن كل الجزيئات تتعرض للتفاعلات بالإضافة الي الزيادة من معدل التفاعل الكيميائي.



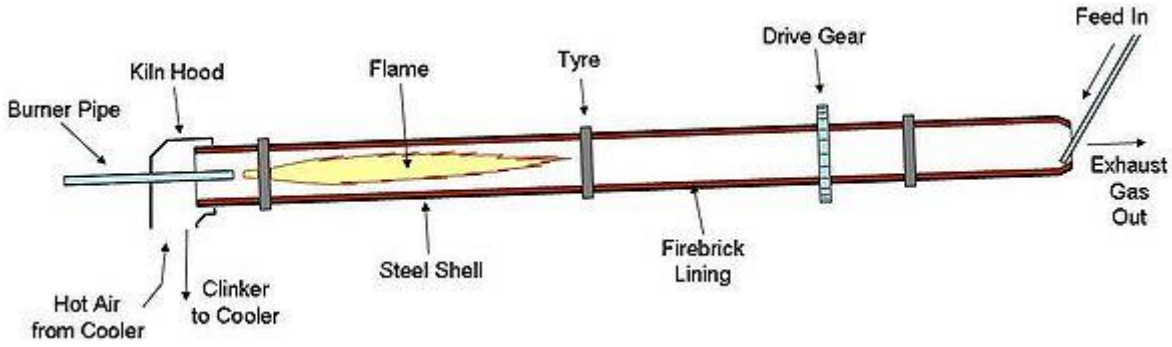
- بعد الخروج من طاحونة الخام يدخل الخليط على صومعة التخزين والغرض منها تقليب الخليط مع بعضه لزيادة التجانس وال affinity.بعد خروج الخليط من صومعة التقليب، يدخل على أول مراحل التفاعلات الكيميائية وهي البرج أو preheater ويتكون من calciner وهو عبارة عن خزان كبير ويحتوي على شعلة، بالإضافة لوجود عدد 5 cyclones فوق بعضهم كما هو موضح بالصورة.

5 cyclones preheater

فوائد البرج هى :
1- تسخين الخليط وإعداده للدخول للفرن.
2- تحويل الحجر الجيرى ($CaCO_3$) إلى الجير الحى (CaO) عن طريق الإنحلال الحرارى فى درجة حرارة تصل إلي 850°C طبقاً للمعادلة: $CaCO_3 = CaO + CO_2$
بالحصول على الجير الحى تكون الأكاسيد الأربعة جاهزة.

- ثم يدخل الخليط الفرن بدرجة حرارة تصل تقريبا لـ 900°C، والفرن عبارة عن أسطوانة ضخمة مائلة بدرجة بسيطة أفقية تدور حول نفسها وفي طرفها شمعة ضخمة وبداخل الفرن تتحد الأكاسيد الأربعة بفعل الحرارة مكونة أطوار الكلنكر كما عرفناهم من قبل وأطوار الكلنكر هم (C3S, C2S, C3A, C4AF)
- وبالوصول لأطوار الكلنكر يمكن تصديرهم للخارج أو اكمال التصنيع، لأن الكلنكر هو المواد الأولية فى صناعة الأسمنت.

تصل درجات الحرارة أثناء الخروج من الفرن إلى ما يقرب من C°1500 فى منطقة الحريق عند الشعلة.



Cement Kiln

- في درجات الحرارة العالية من الوارد الوصول للاتزان تفكك اطوار الكلنكر لأكاسيدها الأولية طبقا لقاعدة لوشاتيليه، ولتفادي ذلك يدخل الكلنكر إلي مبرد -cooler وتعريضه للتبريد المفاجئ لمنع التفاعل العكسى.

- بعد خروج الكلنكر من المبرد اذا اختبرنا سرعة التصلب باستخدام الماء سنجد إن طور الكلنكر C3A يتصلب بسرعة جداً تكاد تكون لحظية، ولحل هذه المشكلة، بعد الخروج من المبرد يتم إضافة الجبس إلي الناتج وذلك لتنظيم التصلب أو ما يعرف بزمن الشك.

- الجبس يتكون من $CaSO_4.2H_2O$ وبيتم إضافته بنسبة تصل إلى 5% لكى تتحد مع الـC3A وتكوين مركب يسمي الأترنجيت حيث يقوم بتكوين طبقة خارجية فوق الـC3A ويقوم بتأخير زمن الشك.

- يتم تصنيع الأسمنت بعدة طرق وهى:

1- الطريقة الرطبة: حيث يتم خلط المواد الخام مع الماء لتعطى ناتج معلق ويتم الحصول على الكلنكر عند درجة حرارة تصل إلى C°1480.
2- الطريقة الجافة: حديثاً تقوم الطريقة الجافة بأخذ مكان الرطبة لما فيها من توفير للطاقة وعدم استخدام للماء وكذلك الدقة في التحكم.
3- الطريقة شبه الجافة: وهى حالة خاصة من الطريقة الجافة حيث تتشكل المواد الخام في العمليات الجافة على هيئة حبيبات كبيرة فيتم إضافة 13% ماء إليها.

Cement types

- لا يجهل أحد منا ان إضافة الماء الي الاسمنت ينتج عنه تصلب الاسمنت، ولكن هل سمعت عن نوع من الاسمنت يتصلب بمجرد التعرض الي الهواء؟

- هناك نوعان من الأسمنت من النظرة العلمية:
  1- Hydraulic Cement
  2- Non- Hydraulic Cement

- من الواضح ان الـ hydraulic هو النوع الذي يتصلب في وجود الماء ويطلق عليه الأسمنت البورتلندى ويكون mineral hydrates بحيث تكون مقاومة للضغط أو أى نوع من أنواع التآكل وهذه الطريقة للتصلب اكتشفها الرومان عندما قاموا بوضع الرماد البركانى على الجير الحى فى وجود الماء.

- اما النوع الثانى وهو الـ non-hydraulic يتصلب بسبب تعرضه للهواء الجوى حيث يتفاعل مع ثانى أكسيد الكربون الموجود ف الهواء و يطلق عليه slacked lime وذلك لأن الجير الحى بعد تكونه من الحجر الجيرى يبقي حر و أي جزئ ماء يتفاعل معه يكوّن ما يسمى slacked lime أو الجير المطفى طبقاً للمعادلة:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

- بمجرد انتهاء هذه العملية تبدأ عملية أخري وهى التفاعل مع ثانى أكسيد الكربون الموجود في الجو (carbonation) لكن التفاعل يأخد وقتا طويلا لأن الضغط البخاري لثاني أكسيد الكربون قليل جداً (تقريباً 0.4 millibar)، ولذلك تفاعل الـ carbonation لا يتطلب وجود ماء وهو فقط تعريض الجير المطفى للجو لكى يتكون الحجر الجيري كما في المعادلة الاتية:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H2O$$

أما في حياتنا اليومية لدينا تقريبا 30 نوع من أنواع الأسمنت، ويتم تحديد نوع الاسمنت طبقا لنسب مركبات اطوار الكلنكر مثل:

- الـ C3S يُسمي ألّيت
- الـ C2S يُسمي بيليت
- الـ C3A يسمي سيليت
- الـ C4AF يُسمي BROWNMILLIRATE

والأنواع الأكثر شيوعاً هي:

1- الأسمنت البورتالندى العادي: (أصل الأنواع)، وهو المستخدم دائماً في الحياة اليومية وفي صناعة الخرسانة، يتم إضافة جبس اليه لتكوين طبقة فوق السيليت لتاخير زمن الشك.

2- الأسمنت المقاوم للكبريتات: يتم استخدامه في الأماكن التي بها نسبة عالية من أملاح الكبريتات و ذلك يتحدد طبقاً لنوع التربة التي يتم العمل عليها.

3- الأسمنت منخفض الحرارة: يستخدم في المباني الضخمة مثل السدود والكبارى والأماكن التى لا تحتاج خروج كميات حرارة كبيرة لذلك فإن البيليت هو أكثر مكونات هذا النوع.

4- الأسمنت التمددى: يُستخدم فى الأغراض التى لا تحتاج تغير في الحجم بعد التجفيف وهو عبارة عن أسمنت بورتالندى عادى مضاف إليه عامل تمدد وعامل مثبت.

5- أسمنت آبار البترول: يستخدم لتبطين آبار البترول والمكونات الصخرية ذات النفاذية العالية ولذلك فهو يستخدم عند درجة حرارة عالية وكذلك ضغط عالى ويكون له خشونة أكبر من الأسمنت العادى وبه نسبة كبيرة من البيليت.

6- أسمنت عالى الأمونيا : يُحَضّر هذا النوع من الحجر الجيري و البوكسيت حيث يتم حرقهم مع بعض داخل بواتق ولا يتم تحضيره داخل فرن ويختلف نوعه وتحمّله لدرجات الحرارة باختلاف نسب الحجر الجيري والبوكسيت.

بالإضافة لهذه الأنواع، هناك أنواع أخري وكل نوع له استخداماته ونسب مختلفة في أطوار الكلنكر.

Cement quality tests

كأي منتج يتم انتاجه، الأسمنت له مواصفات واختبارات للتأكد من مطابقته للمواصفات المطلوبة:

1- Fineness (DIN 1164 part 4):

اختبار مدى نعومة الأسمنت والمواصفات تقول إن الأسمنت يجب ألا يترك رواسب أكثر من 3%wtوكذلك specific surface التى يتم قياسها عن طريق ما يسمى بنفاذية الهواء air permeability يجب ألا تقل عن 2200cm2/gm.

2- Setting times (DIN1164 part 5):

وهو ما يعرف بزمن الشك أو التصلب طبقا للمواصفات لا يجب أن يقل زمن الشك عن ساعة واحدة بعد الخلط ويتم التصلب بصورة كاملة فى غضون 12 ساعة.
يتم قياس زمن الشك عن طريق ما يسمى بـ vicat's needle أو إبرة فيكات حيث يتم خلط 500 gm من الأسمنت مع 25-30 % wt وتقليبهم معاً
وهناك زمنان للشك:
- زمن الشك الإبتدائي: يتم تحديده عندما تغوص الإبرة ف العينة مسافة من 3-5 cm.
- زمن الشك النهائي: يتم تحديده عندما تكون أكبر مسافة تقطعها الإبرة لا تزيد عن 1 mm داخل العينة.

3- Soundness (DIN 1164 part 6):
مدى صلابة الأسمنت وقدرته فى الحفاظ على حجم ثابت، ومن الممكن أن يسبب مشكلة عدم الاستقرار وجود أكسيد الماغنسيوم MgO بنسبة أكبر من المسموح بها حيث يسبب ما يعرف بتمدد الماغنسيوم magnesia expansion حيث وجد أن نسبة الـ MgO يجب ألا تزيد عن 5% by weight.

4- Heat of hydration (DIN 1164 part 8):
يتم تصنيع الأسمنت بخاصية مميزة وهى low heat of hydration حيث لا يسمح أن يتم انبعاث أكثر من 270 جول من الحرارة لكل جرام من الأسمنت فى أول أسبوع بعد الخلط مع الماء وذلك لأن رفع درجة الحرارة من الممكن أن تؤدى لحدوث تصدعات وشروخ فى تلك الفترة.

صناعة الأسمنت بالرغم من إنها سهلة ومربحة إلا أنها صناعة مميتة حيث أن مصانع الأسمنت في العالم مسؤولة عن 5% من انبعاثات الـ CO2 (الإحصائية لعام 2010)، مما يؤثر بالسلب علي ثقب الأوزون و ظاهرة الاحتباس الحرارى.
إنتاج كل طن من الأسمنت البورتالندى يصاحبه طن آخر من ثانى أكسيد الكربون كما أنها تؤثر بالسلب على الحيوانات حيث الانبعاثات من الغبار والغازات تقوم بالقضاء علي الدورة الوراثية، وأيضا تقوم بتسميم النباتات والمحاصيل الزراعية.

أما بالنسبة للعاملين فى المجال فهى تسبب للإصابة بعدة أمراض من أكثرهم شيوعاً التهاب الجلد ومرض تصون الرئة الناتج عن استنشاق (SiO) ولا يوجد علاج لهذا المرض، كذلك مرض تشبع الرئة بالأمينت وهو يؤدى لتدهور سريع للرئة، ومن أفضل طرق الوقاية؛ العمل فى بيئة رطبة وارتداء أقنعة خاصة لتجنب غبار الأمينت.

وبعد كم الكوارث التي يسببها، كان هناك اتجاه فى صناعة أسمنت صديق للبيئة أو ما يعرف بالـ green cement حيث يقوم بتخفيض نسبة انبعاثات ثانى أكسيد الكربون بنسبة تصل إلى 50 مليون طن وأيضاً يقلل من استهلاك الماء والحرارة العالية والأبحاث مازالت مستمرة حتى توصلوا لتركيبةٍ ما بتقوم تقريباً بكفاءة 70% من كفاءة الأسمنت البورتالندى العادى.

Fertilizers industry

Introduction

- السماد مادة تُضاف للتربة من أجل مساعدة النبات على النمو

- تحتوي الأسمدة على مغذيات (مواد غذائية) أساسية لنمو النَّبات. وتُصنع بعض الأسمدة من المواد العضوية، مثل روث الحيوان أو مخلَّفات الصَّرْف الصحي، وبعضها الآخر من مواد معدنية أو مركبات مُنْتَجة في المصانع .وقد استخدم الإنسان الأسمدة منذ آلاف السِّنين، حتى في الأوقات التي كان لا يعلم مدى فائدتها للنبات، وقبل أن يعي الإنسان أهمية تغذية النبات بفترة طويلة. فقد لاحظ أن روث الحيوان ورماد الخشب وبعض المعادن الأخرى تساعد النبات على أن ينمو بقوة. وخلال القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين اكتشف الباحثون أن بعض العناصر الكيميائية ضرورية لتغذية النبات.

- النبات عامةً يكون غذائه إنتاجه أثناء عملية البناء الضوئى أو photosynthesis لكن العملية بالإضافة الي الهواء تحتاج كميات كبيرة من عدة عناصر تعرف بالعناصر الكبرى وهي الكربون والهيدروجين والفوسفور والبوتاسيوم والنيتروجين والكبريت والماغنسيوم والكالسيوم.

- ويزوّد الماء والهواء النبات بمعظم احتياجاته من الكربون والهيدروجين والأكسجين، أما باقي العناصر، فيتم الحصول عليها من التربة. ومع مرور الوقت تقل كفاءة التربة وتختفي بعض العناصر من التربة لذلك يُفضَّل تغيير المحصول من حين لآخر.

- العناصر التي تختفى تشمل ثلاثة عناصر أساسية وهي التي تقوم عليها صنعة الاسمدة وهي:
  1- النيتروجين
  2- البوتاسيوم
  3- الفوسفور

والثلاثة عناصر مجتمعين يُسَمُّون بالسماد الكيميائي (NPK) والنبات يحتاجهم فى 3 مراحل من نمو النبات ووجود سماد النيتروجين هو الأهم نسبيا بين الثلاثة.

- الأسمدة بشكل عام يتم إنتاجها على هيئة أربع صور رئيسية:
  1) أسمدة نقية: عبارة عن مركبات كيميائية تحتوي على أحد عناصر السماد أو أكثر.
  2) أسمدة مخلوطة: عبارة عن خليط بين الأسمدة النقية والأسمدة المصنعة بنسب معينة ويكون على هيئة حبيبات.
  3) أسمدة سائلة: وتحتوي على أحد عناصر السماد المذابة فى الماء ويمكن أكثر من ذلك.
  4) أسمدة التحرر البطيء: يتم صناعته لأنواع معينة من النباتات التي تحتاج مغذيات لكن لفترات طويلة المدى أثناء نموها

❖ الأسمدة النيتروجينية هي أكثر الأنواع استخداما وتُنتج على شكلين:
1- سماد سائل من غاز النشادر
2- سماد صلب مثل كبريتات الأمونيوم ونترات الأمونيوم ومركب عضوى يسمي اليوريا.

الأمونيا هى المصدر الرئيسى للأسمدة النيتروجينية وتصنع غالباً باتحاد النيتروجين فى الهواء الجوى مع الهيدروجين $N2+3H2=2NH3$، ومنها يمكن انتاج اليوريا ($NH2-CO-NH2$).

Ammonia production

الأسمدة النيتروجينية لها شكلين، اما سائل (غاز الأمونيا) أو صلب (اليوريا)، ونبدأ الحديث عن الامونيا أولا

❖ الأمونيا لها استخدامات كتير مثل:
1- تصنيع حمض النيتريك (HNO_3)
2- التبريد
3- تصنيع الأدوية
4- صناعة النايلون
5- فصل بعض المعادن النفيسة

هذه المعادلة البسيطة $N2+3H2=2NH3$ يتم اتمامها عن طريق 6 عمليات:

1- الـ Desulfurization للتخلص من الشوائب الموجودة في الغاز الطبيعي عن طريق إضافة أكسيد الزنك لكبريتيد الهيدروجين وينتج كبريتيد الخارصين (ZnS) وماء.

2- الـ Primary reforming للغاز الطبيعي باستخدام الـ super-heated steam عند حرارة تصل إلى 770 °C فى وجود النيكل كعامل حفاز وينتج الهيدروجين كناتج أساسي ونواتج جانبية مثل ثاني اكسيد الكربون وكمية صغيرة من أول أكسيد الكربون ويتم التخلص من النواتج الجانبية باستخدام Carbon dioxide removal process وهذا الخليط يسمي Synthesis Gas.

3- تمرير الهواء الجوي علي الـ Synthesis Gas و بعد تبريده لدرجة 735 °C يذهب الي Secondary reformer.
في ال secondary reformer يحدث تفاعلين:

التفاعل الأول: steam reforming ينتج عنه CO and H2
التفاعل الثاني يسمي gas shift reaction
CO +H2O = H2 + CO2
يتم إزالة أول أكسيد الكربون لحماية العامل الحفاز عن طريق إضافة ماء وينتج ثاني أكسيد الكربون المستخدم فى تفاعل اليوريا وهذه العملية تتم على خطوتين:

1- يستخدم عامل حفاز كروم / ماجنتيت عند 360 C°
2- يستخدم نحاس وأكسيد الخارصين وكروم كعامل حفاز عند 210 C°

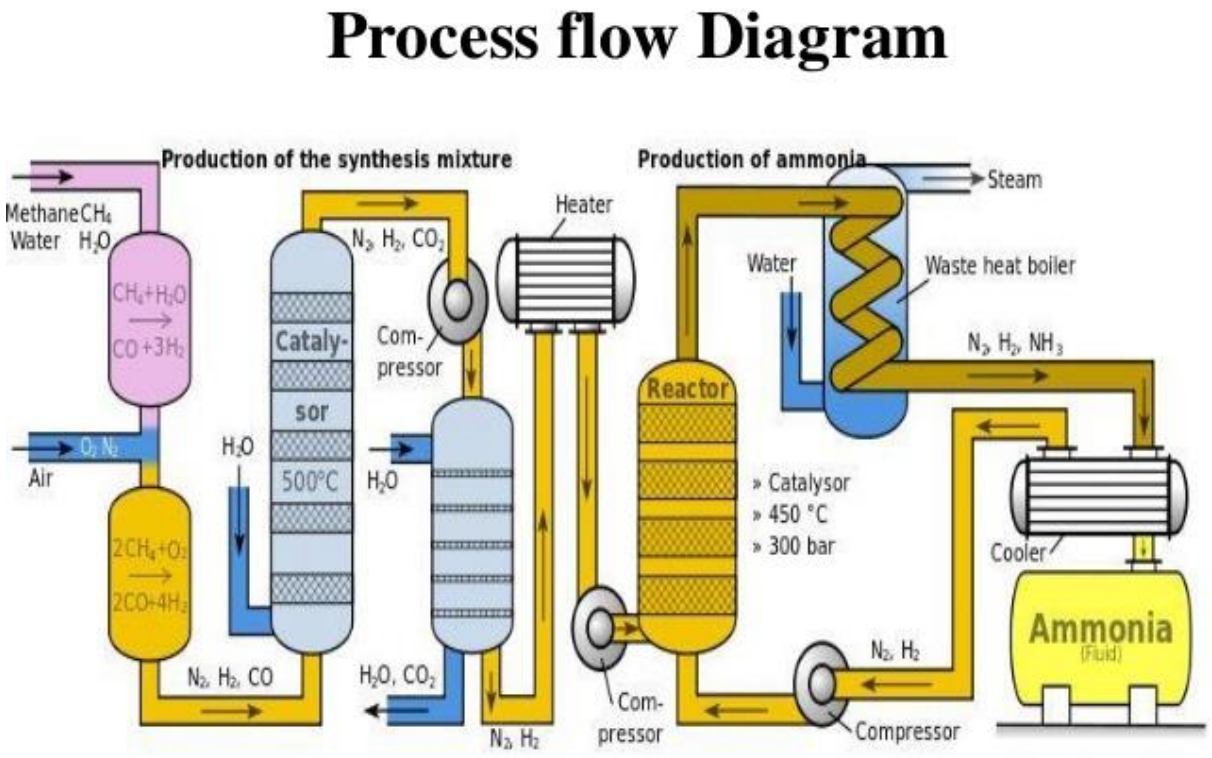
نفس التفاعل فى الخطوتين لزيادة الـ conversion، والهيدروجين الناتج يتفاعل مع النيتروجين لإنتاج الأمونيا.

4- بعد إزالة أول أكسيد الكربون يتم إزالة الماء عن طريق التكثيف بالتبريد عند حرارة 40 C°

5- إزالة ثاني أكسيد الكربون عن طريق إذابته في محلول (Di-methyl ethanol amine) حيث يقوم بإزالة 99.9% من ثاني أكسيد الكربون وبقايا الـ carbon dioxide وأول أكسيد الكربون تُجرى عليهم عملية الـ Methanation باستخدام خليط النيكل وأكسيد الألومنيوم كعامل حفاز وينتج ميثان وماء ويتم التخلص من الماء بالتكثيف مرة أخرى.

6- إنتاج الأمونيا عن طريق تسخين خليط الغازات "الهيدروجين والنيتروجين" لدرجة حرارة 400 C°، وضغط 160 إلى 170 bar في وجود الحديد كعامل حفاز ونحصل علي خليط من الأمونيا بنسبة تحول 26 % وغازات غير متفاعلة يتم خلطها مع الـ feed مرة أخري عند حرارة 5 سليزيوس.

يلي إنتاج الأمونيا في الصورة الغازية عملية التبريد من درجة حرارة 220°C لحرارة 30 C°، ثم decompression للأمونيا لضغط 25 بار لفصل الشوائب الغازية مثل الميثان والهيدروجين ويتم إمتصاص الأمونيا السائلة في وحدة الـ ammonia recovery، وهذا هو الغرض من العملية وهو الحصول على الأمونيا السائلة التي يمكن استخدامها كسماد.



Amonia Production PFD

Urea production

"وقد وجّه فوهلر ضربة قاضية عندما استطاع تحضير مركب اليوريا فى المعمل لأول مرة"
حققت اليوريا بعد استخدامها كـ سماد طفرة كبيرة حيث بعد استخدامها زادت نسبة إنتاج المحصول بمعدل ربع الإنتاج العالمى.

يتم إنتاج اليوريا عن طريق تفاعلين وهما:

1- تفاعل التكثيف وده بيتم عن طريق المعادلة الآتية:

$$NH3 + CO2 = NH2COONH4 + Heat$$

2- تفاعل نزع الماء طبقاً للمعادلة:

$$NH2COONH4 = NH2CONH2 + H2O - Heat$$

وإتمام هذه العملية يتم من خلال أربع عمليات وهم: **التصنيع والتنقية والتركيز والتحبيب**.

1- عملية التصنيع:

يتفاعل خليط من الأمونيا وثاني أكسيد الكربون عند ضغط 241 bar لتكوين كاربامات الأمونيا (NH2COONH4)، وهذا التفاعل طارد للحرارة ويتم التبريد عن طريق تسخين الماء في غلاية.
المفاعل الإبتدائي يقوم بتحويل ثانى أكسيد الكربون بنسبة 78% إلي يوريا ويتم تنقية السائل من الشوائب الغازية التي يستقبلها المفاعل الثانوي.

2- عملية التنقية:

معظم الشوائب فى هذه الوحدة هي الماء الناتج من عملية إنتاج اليوريا وكذلك بعض المتفاعلات التى لم تُستهلك فى التفاعل مثل ثانى أكسيد الكربون والأمونيا وكاربامات الأمونيا وتتم الإزالة على ثلاث مراحل:
- المرحلة الأولي يتم فيها تقليل الضغط من 241 bar إلى 18 bar ويتم تسخين المحلول وهذا يتسبب فى تحلل كاربامات الأمونيا إلى أمونيا وثانى أكسيد كربون.
- المرحلة الثانية يتم فيها تقليل الضغط مرة اخرى إلي 2 بار ليتم التخلص من كمية من الأمونيا وثانى أكسيد الكربون.
- المرحلة الثالثة يصل فيها الضغط إلى 0.65 bar و يتبقى محلول يوريا مذاب فى الماء خالياً من الشوائب.

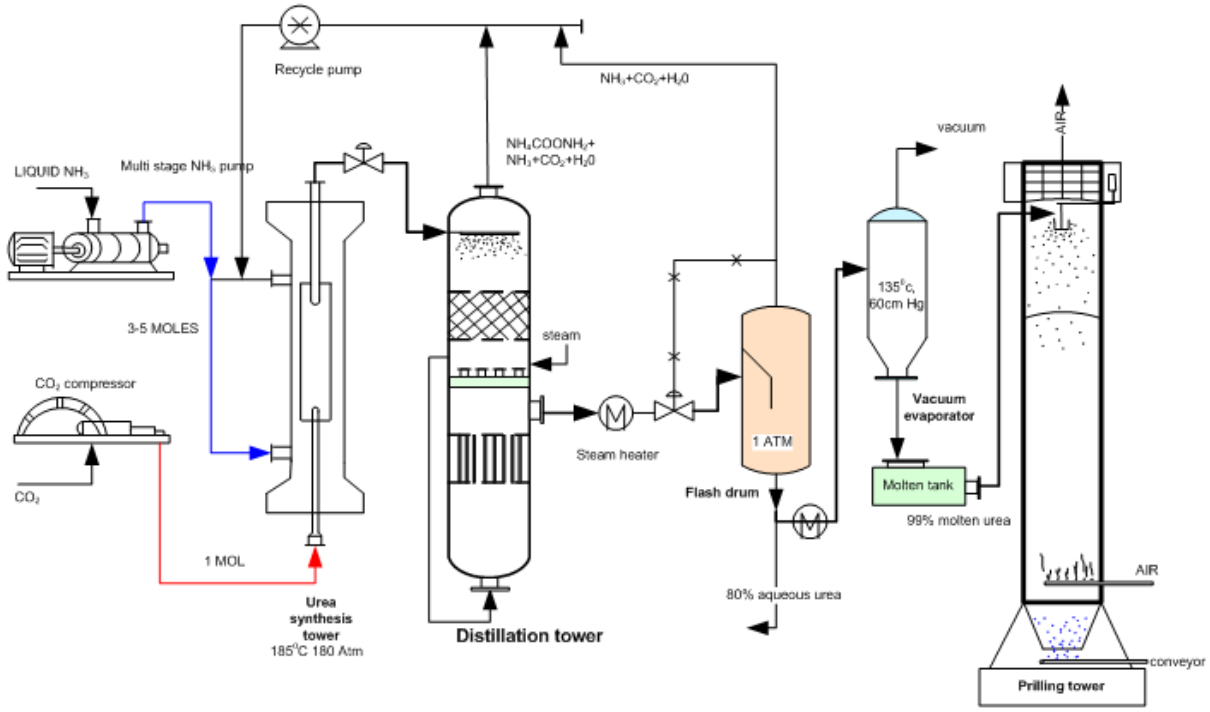
فى كل مرحلة من الثلاث يتم امتصاص المواد الغير متفاعلة على هيئة محلول مائي يتم استخدامه مرة أخرى فى المفاعل الثانوي والأمونيا تُستخدم كمتفاعل فى المفاعل الإبتدائى.

3- عملية التركيز:

- يتم تسخين 75% من محلول اليوريا في غياب الضغط (vacuum) لتبخير بعض الماء وبالتالى زيادة تركيز اليوريا من 68% إلى 80% وفى هذه العملية تتكون بللورات من اليوريا.
- يتم تسخين المحلول من 80˚C إلي 110˚C لإذابة هذه البللورات مرة أخرى وفى خلال عملية التبخير يتم انتاج اليوريا المنصهرة عند 140˚C والـ 25% المتبقية يتم إدخالها على مبخر (evaporator) متصل علي التوالي مع برج فصل (separator) في غياب الضغط عند 135˚C.

4- التحبيب:

- يتم بيع اليوريا كـ سماد على هيئة حبيبات قُطرها من 2-4 ملليمتر ويتم إنتاج الحبوب عن طريق رش اليوريا المنصهرة من خلال فتحات لها القطر المطلوب والتي يتم تدعيمها من خلال سطح هوائي.
- يتم تجميع الحبيبات الباردة والجافة على هيئة طبقات من خلال منخل (screens) والحبيبات الكبيرة يتم تكسيرها وتُخلط مع اليوريا المنصهرة.
- يتم تنظيف اليوريا الناتجة من عملية التحبيب من الأتربة والهواء عن طريق مروحة تقوم بإزالة اليوريا عن طريق محلول مائي وإزالة الهواء إلى الجو، والمنتج النهائي يتم تبريده بالهواء ووزنه وتجميعه ثم بيعه.



Urea Production PFD

Reactors

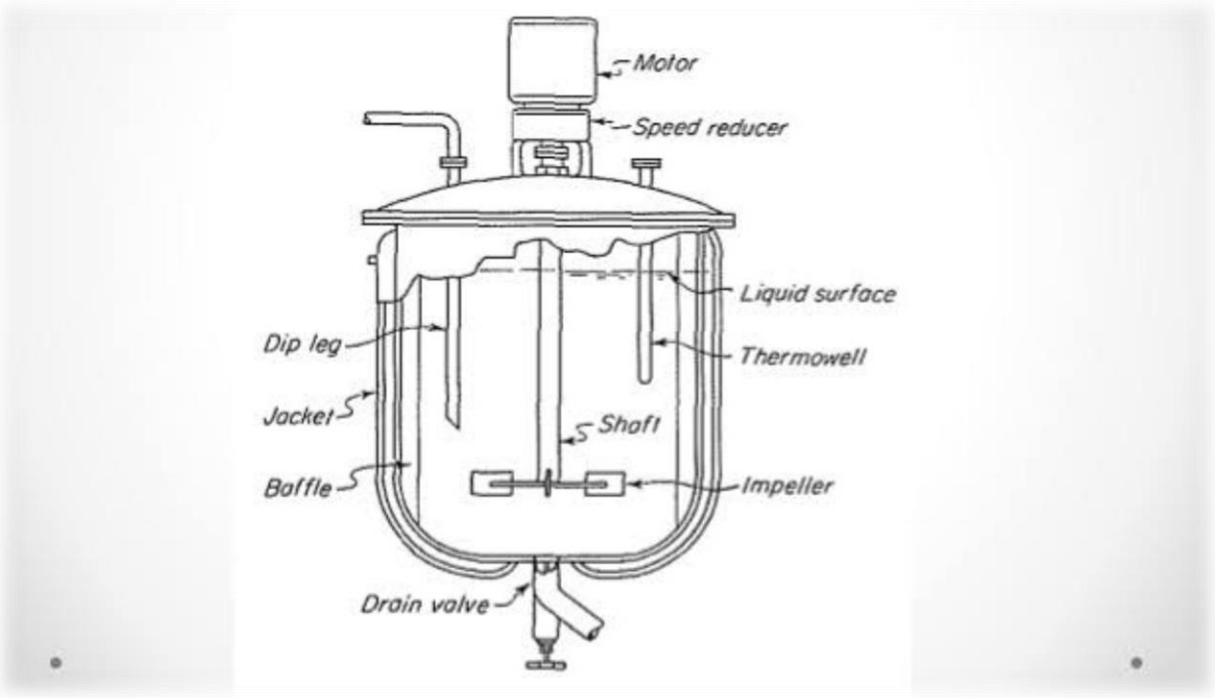
❖ Overview

التعريف : هى الحاوية اللى بيتم فيها التفاعل، وطبعا معروف أن أى تفاعل فى عوامل بتأثر عليه اللى هى ال reaction variables زى الضغط والحرارة ودى اللى على أساسها هنصمم المفاعل وكمان لازم المفاعل يحقق أعلى إنتاجية ممكنه بأقل التكاليف وكمان التأكد من أن التفاعل ماشى ف مجراه الصحيح.

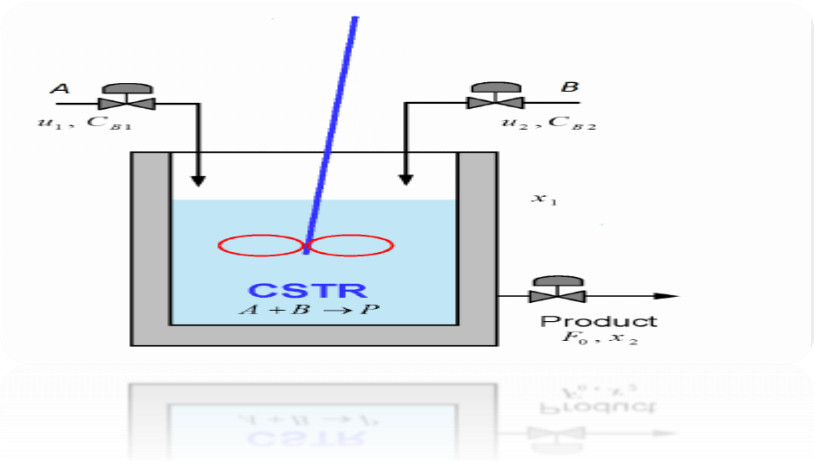
❖ تصنيف المفاعلات على حسب طريقة التشغيل

1. النوع الأول وهو ال batch reactor أو الدفعى (وسمى بهذا الاسم لأن التغذية تدخل على دفعات) ويستخدم فى الانتاج الصغير أو اختبار التفاعلات الجديدة أو العمليات اللى من الصعب انها تتم بشكل مستمر زى الصناعات الكيميائية الحيويه او الصناعات الدوائية.

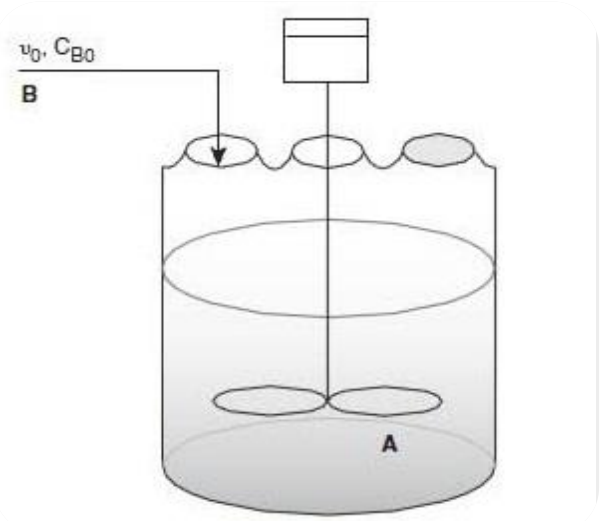
التغذيه بتدخل من فتحه مخصصه ف الجزء العلوى وعاده بيكون مزود بقلاب ميكانيكى عشان نضمن انتظام تركيز المفاعلات والنواتج، والعامل اللى بيأثر على تركيز المفاعلات و النواتج بيكون الزمن ف فنهايه زمن التفاعل المحدد هبدأ تفريغ شحنه المفاعل وننضفه ونرجع نملاه بشحنه جديده عشان يبدأ دوره تانيه.طبعا نجد إن الإنتاج صغير لا يتماشى مع تكلفة التشغيل.



2. الـ continuous ومن اسمه نجد أن التغذيه والإنتاج بتدخل وتخرج بشكل مستمر فبنستخدمه في الحالات المستقره حيث تركيز المتفاعلات والنواتج ثابت مع الزمن وهكذا يُحقق ربح اقتصادى أعلى للعمليه الكيميائية.



3. الـ semi batch حيث يجمع بين الطريقتين حيث أتحكم فى درجة حرارة التفاعل وبالتالي هقلل من التفاعلات الجانبيه وذلك بجعل تركيز احد المتفاعلات قليل بالنسبه للتانى (التغذية تدفع ببطئ).

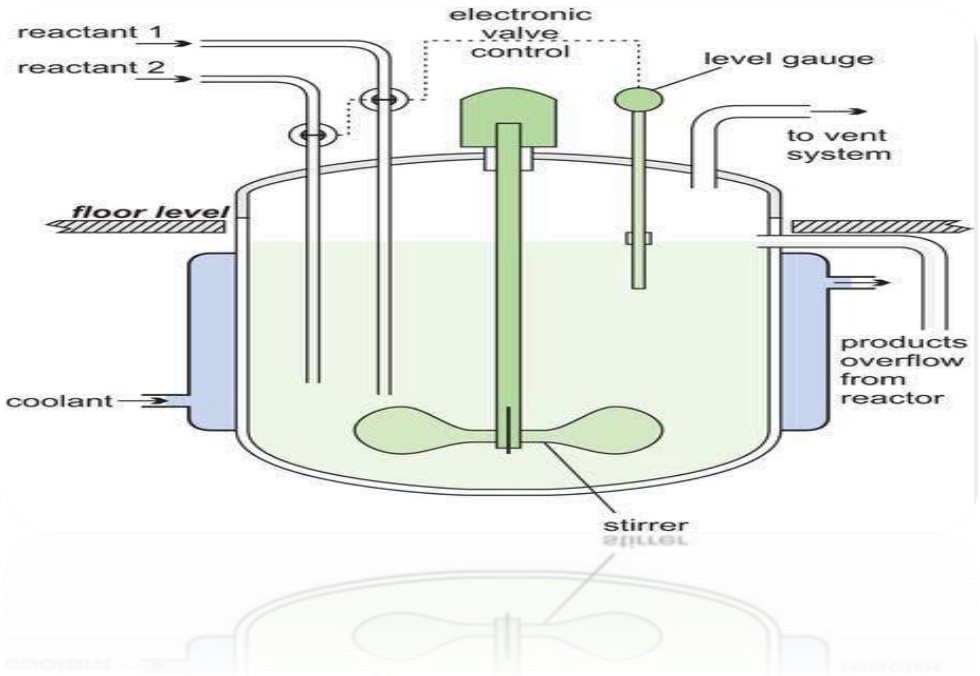


❖ التصنيف الثانى على حسب الشكل الهندسى للمفاعل

هنقسم المفاعلات المستمره لـ

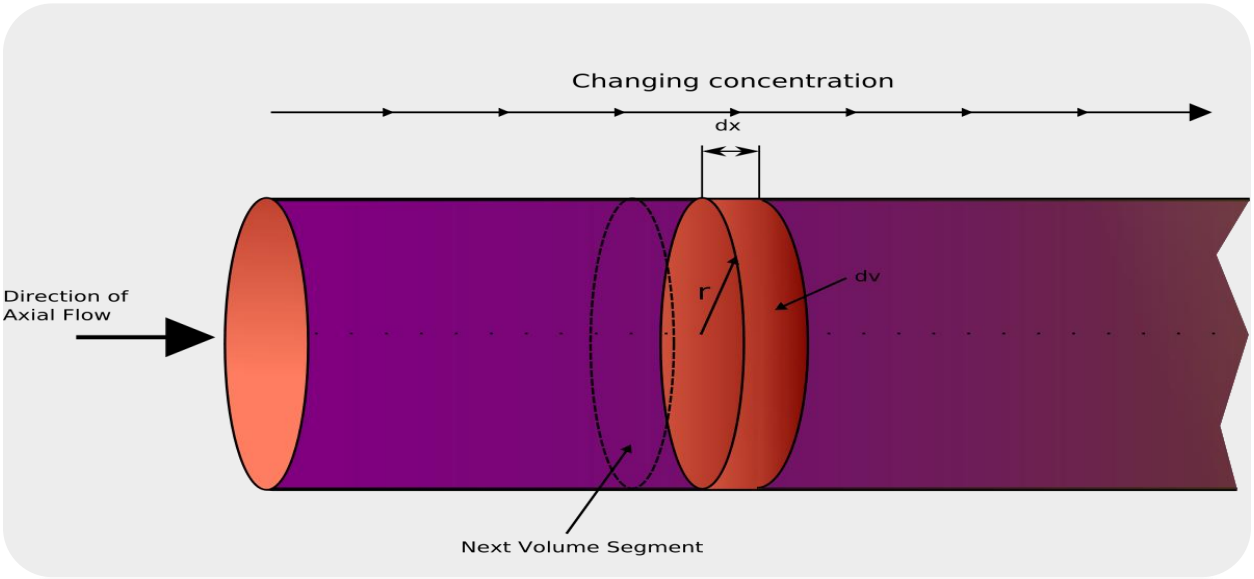
1. **CSTR (continuous stirred tank reactor)**

عباره عن خزان على شكل أسطوانة كبيره قطرها تقريبا اكبر من ارتفاعها ويتم استخدامه في حالة التفاعلات السائله؛ كمان هو مزود بقلاب ميكانيكى لكى نضمن التقليب القوى ومن مميزاته التحكم فى درجه الحراره ومن عيوبه ان درجه تحول التفاعلات لنواتج قليله بالنسبه للحجم فبالتالى هضطر استخدم مفاعل حجمه كبير، ودا يعتبر اكثر أنواع المفاعلات إستخداما، بالإضافة انه لا يحتاج عماله بشريه فقط يحتاج good control



2. **PFR (plug flow reactor)**

عباره عن أسطوانة طويله او مجموعه من الانابيب القصيره مرتبه على التوازى، ويتم استخدامه فى حالة التفاعلات الغازيه عكس الـ CSTR ولا يوجد قلاب كما أنه سهل الصيانه، ولكن من عيوبه عدم التحكم ف درجة الحرارة.



❖ التصنيف على حسب عدد الأطوار الموجودة في التفاعل

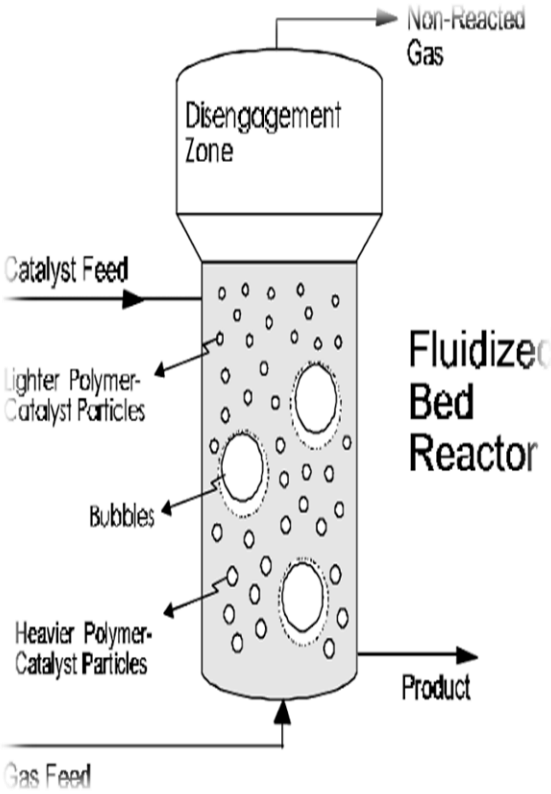
من الممكن أن يكون وسط التفاعل عبارة عن طور واحد متجانس او عدة أطوار و فيما يلي بعض الحالات التي نتعرض لها داخل المفاعلات :

i. تفاعل بين سائل وغاز نستخدم Bubble Column Reactor

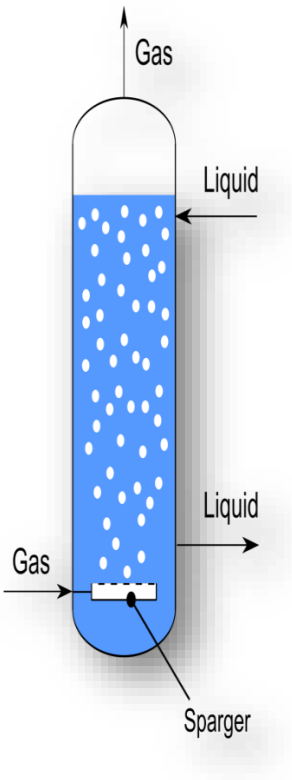
ii. إذا كان لابد من عامل حفاز صلب في تفاعل سائل نستخدم Two -Phase Slurry Reactor أو Fixed Bed Reactor

iii. تفاعلات البلمرة نستخدم Three-Phase Slurry Reactor

iv. د- التفاعلات الحفزية مثل التكسير الحرارى للمقطرات البترولية نستخدم Fluidized Bed Reactor .



Fluidized bed reactor



Bubble column reactor

❖ Types of reactors in detail

- **المفاعل الدفعي (Batch Reactor)**

هو عبارة عن نظام مغلق أي أنه لا دخول لمتفاعلات جديدة أو خروج لنواتج قبل انتهاء التفاعل حيث أنه يتم ملئ المفاعل بالمتفاعلات ثم يُغلق لفترة زمنية حتى انتهاء التفاعل ثم تُفرغ النواتج ليتم ملئه بالمتفاعلات مرة أخرى وتستمر العملية بهذا الشكل.

يتكون من :

i. خزان من الفولاذ الصلب مبطن من الداخل لحفظ الحرارة وسعته تختلف من 1لتر ل 1500 لتر.
ii. نظام لتقليب المتفاعلات.
iii. نظام تبريد وتسخين متكامل وفتحات لتفريغ الغازات من أعلى والسائل من أسفل.

ومن أنظمة التبريد والتسخين:

i. Single External Jacket هو عبارة عن غلاف خارجي واحد ولكنه نظام قديم.
ii. Half Coil Jacket هو عبارة عن غلاف نصف دائري ملفوف ويعد أفضل من النوع الأول.
iii. Constant Flux Cooling Jacket يتكون من حوالي 20 لفة من مواد مختلفة تساعد على سرعة التبريد والتسخين ولذلك يعتبر الأفضل.

ومن أبرز استخداماته:

i. يستخدم مع تفاعلات تحتاج إلى وقت طويل وإنتاج صغير.
ii. يستخدم في المنتجات التي تتطلب ظروف تفاعلات خاصة.
iii. يستخدم في التفاعلات الكيميائية وإذابة المواد وخلطها.
iv. يستخدم في اختبارات تحديد سرعة التفاعل الكيميائي التي تحتوي على مواد حرارية او متطايرة.
v. يستخدم في معالجة مياه الصرف.
vi. يقلل نسبة BOD (biological oxygen demand) في المياه الغير معالجة.

- **المفاعل النصف دفعي(Semi –Batch Reactor)**

مثل **Batch Reactor** يتكون من خزان و قلاب ليخلط المتفاعلات جيداً ويوحد درجة الحرارة . نملئه ببعض المتفاعلات والباقي ندفعه باستمرار (يعنى لو سنفاعل **A**مع **B** سنضع مثلاً **A** في ال **Reactor** وندفع **B** باستمرار وبالتالي المادة التي تتكون في المفاعل هي **(Limiting Reactant)**.

يفضل هذا النوع عن النوع الأول في حالات :

i. التفاعلات المتوازية **Parallel Reaction** (حيث أن المتفاعلات تتحول لمنتجات مرغوب فيها ومنتجات غير مرغوب فيها) وذلك لأنه يزود ال **selectivity**.

ii. التفاعلات الطاردة للحرارة **Exothermic Reaction** لأنه يسمح بدفع جزء من المتفاعلات ببطء فبالتالي نتحكم في الحرارة المنطلقة وبالتالي نتحكم في درجة حرارة **Reactor**.

iii. التفاعلات الانعكاسية **Reversible Reaction** عند سحب النواتج عن طريق **Purge Stream** فإنه يقلل من تركيزها في ال **Reactor** وبالتالي سيزيد من معدل التفاعل الطردي لتكوين النواتج.

❖ المفاعلات الانبوبية(Tubular Reactors)

ويسمى أحياناً Continuous Tubular Reactor (CTR) ويسمى أيضاً Piston Flow Reactor . هو عبارة عن أنبوب أسطواني أفقي يتم دفع مائع أو أكثر (المتفاعلات) من أحد طرفيه وتخرج النواتج من الطرف الآخر. ومن المفترض أن تمر عناصر المائع خلال المفاعل دون خلطهم معاً في الاتجاه الأفقي اتجاه سريان المائع ولكن يتم خلط العناصر في الاتجاه الرأسي لذلك تركيز العناصر مختلف من نقطة لأخرى على طول مسار المفاعل حيث أن يكون تركيز العناصر أكبر ما يمكن عند دخول المفاعل ولذلك تختلف مكونات المائع من نقطة لأخرى أيضاً. جميع عناصر المائع لابد أن تقضي نفس الوقت داخل المفاعل أي أن جميع العناصر يجب أن يكون لها نفس السرعة داخل المفاعل.

أهم استخداماته :

1. يستخدم في تفاعلات متعددة مثل تفاعلات يحدث فيها تغيير في درجات الحرارة أو الضغوط أو في الكثافات.

2. يفضل استخدامه في التفاعلات الطاردة للحرارة أو التفاعلات التي ينتج عنها انفجارات لذلك يجب تصميم هذا المفاعل بعناية وجودة فائقة.
3. يستخدم لوصف التفاعلات الكيميائية.

أهم مميزاته :

1. سهل الصيانة حيث لا توجد به أجزاء متحركة.
2. نسبة تحويل المفاعلات إلى نواتج عالية.
3. جودة النواتج عالية.
4. يمكن تشغيله لفترة طويلة جداً بدون صيانة.
5. له قدرة على نقل الحرارة بكفاءة ممتازة.
6. يستخدم للعمليات المستمرة.
7. يستخدم لدراسة التفاعلات السريعة.

من أهم عيوبه :

1. صعوبة التحكم في درجات الحرارة وقد تصل إلي درجة غير مرغوب فيها.
2. غالي الثمن.
3. صيانته مكلفة.
4. تنظيفه أيضاً قد يكون مكلف.

ومن أهم تطبيقاته:

1. التفاعلات السريعة.
2. الإنتاج المستمر.
3. التفاعلات المتجانسة أو غير المتجانسة.
4. التفاعلات عالية الحرارة.
5. التفاعلات واسعة النطاق.
6. يستخدم فن أنظمة الغاز والسائل.
7. إنتاج البنزين.
8. إنتاج الأمونيا.

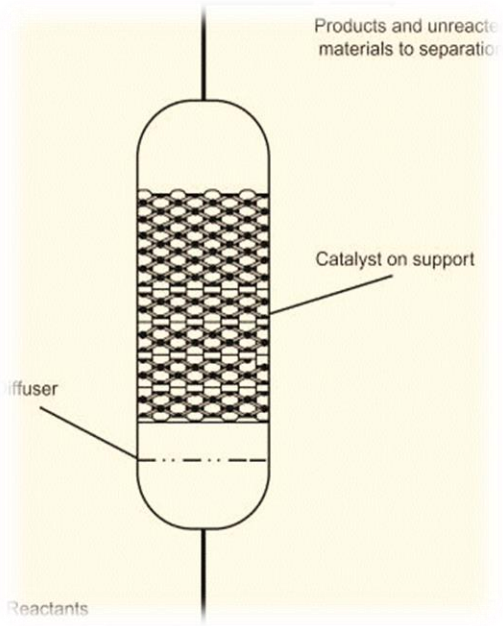
• المفاعلات الحفزية (Catalytic Reactors)

تعتبر المفاعلات الحفزية من أهم أنواع المفاعلات والتي تعتمد بشكل أساسي على وجود عامل حفاز يؤثر على التفاعل دون أن يتأثر مما يزيد بشكل كبير في إنتاجية المفاعل

وينقسم المفاعل الحفاز إلى عدة أنواع تختلف بإختلاف طريقة تركيب العامل الحفاز:

i. **النوع الأول**

هو Fixed Bed Reactor (FBR) أو ما يطلق عليه Packed Bed و يعتبر هذا النوع من الأنواع الأساسية التي يثبت عليها العامل الحفاز على هيئة أشكال هندسية لا تتغير و يوضع العامل الحفاز على هيئة حبيبات صغيرة الشكل مكونة من اسطوانات مفرغة لزيادة المساحة السطحية ويستخدم على نطاق واسع في الصناعات الكيميائية نظرا لسهولة التعامل مع العامل الحفاز و يتم وصع العامل الحفاز داخل غرفة احتواء ويوضع أعلى و أسفل هذه الغرفة طبقات من الكرات السيراميكية Ceramic Balls و ذلك لتحسين توزيع المتفاعلات على العامل الحفاز و جعل سريان المواد المتفاعلة غير مستقر Turbulent مما يزيد من فرص التلامس بين سطح العامل الحفاز و المتفاعلات . يستخدم هذا النوع من المفاعلات داخل العديد من الوحدات أهمها وحدات الامتصاص Absorption و وحدات الفصل Stripping و معظم المفاعلات الحفزية مثل Catalytic Reforming و Catalytic Isomeration . وتتمثل عيوب ذلك النوع من المفاعلات هو الحاجة لإيقاف المفاعل بعد مرور فترة زمنية معينة حيث تقل كفاءة العامل الحفاز حيث يكون بحاجة للاستبدال.



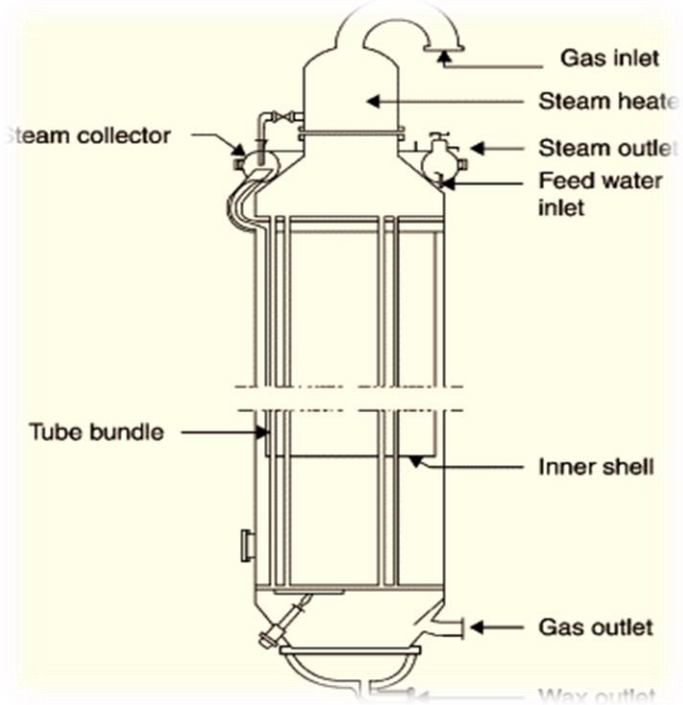
Fixed Bed Reactor

ii. **النوع الثاني**

هو Fluidized Bed Reactor و يستخدم في هذ النوع من التفاعلات حبيبات من العامل الحفاز حتى تزداد نسبة الخلط بين المواد المتفاعلة و العامل الحفاز و يتم تعويم العامل الحفاز داخل المفاعل وبذلك يصبح قادرا على إعادة تجهيزه مرة أخرى في مرحلة التجهيز Regeneration لذلك لا يستلزم ئلك النوع من المفاعلات إيقاف و إعادة استبدال العامل الحفازو من أشهر استخداماته هي FCC Unit (Fluidized Catalytic Cracking) أو عملية التكسير الحراري الحفزي وكذلك CCR Platforming Unit .

iii. **النوع الثالث**

هو Tubular Bed Reactor و في ذلك النوع يعتمد نسبة التحويل Conversion على موقع المائع في المفاعل بمعنى أنه إذا كان في بداية المفاعل يكون نسبة التحول عالية ثم تبدأ في الإنخفاض ويمكن العمل في هذا النوع على الحالات الثلاثة للمادة أو حالتين فقط وتعتبر الميزة الرئيسية لذلك النوع هو القدرة على تحسين الكفاءة عن طريق تصغير قطر الأنابيب وتسيير المائع بإنسيابية دون حدوث انخفاض في الإنتاجية مثل باقي المفاعلات الحفزية . و يعتبر العيب الرئيسي لذلك النوع هو صعوبة تغيير العامل الحفاز أثناء الاستخدام و يدخل في عملية تخليق الميثانول Methanol Synthesis .



❖ Design Considerations

تستخدم في عملية تصميم المفاعلات عدة تدابير للحصول على كفاءة جيدة للمفاعل و من المستحيل تكوين شكل عام للمفاعل بسبب الاختلاف الكبير للمتغيرات التي تحكم المفاعل و لكن في البداية يجب تحديد النظام ما إذا كان نظام متجانس أو غير متجانس

و لابد أن تحتوى تلك التدابير على عدة مفاهيم أهمها :

1. حجم المتفاعلات و كتلة العامل الحفاز المستخدمة .
2. الطاقة أو الوقود اللازم لتشغيل المفاعل.
3. توفير طرق لاستعادة الطاقة المفقودة.
4. مواصفات المواد المستخدمة في بناء المفاعل.
5. التحكم اللازم لتنفيذ عملية التشغيل الأمثل .
6. مواصفات المعدات الثانوية المساعدة مثا خطوط التغذية و المراوح و المضخات.
7. أحكام السلامة.
8. نوع التفاعلات الكيميائية التي تتم داخل المفاعل لتكوين تصميم سليم ومناسب .

يتم وضع تصميم نهائي لتوصيل المفاعلات مع الوحدات المساعدة في رسم نهائي يعرف ب Process Flow Sheet **ويتضمن :**

1. ترقيم و توضيح للمعدات المختلفة بأسمائها .
2. درجات الحرارة و الضغط المستخدمة .
3. معدلات السريان الحجمية و المولارية لكل خط تغذية.
4. جدول Material Balance
5. الخواص الفيزيائية و متطلبات الطاقة لكل خط.

بذلك يتكون فهم كامل وواضح للعملية الكيميائية و كيفية معالجة العيوب و الأخطاء لتحسين كفاءة الانتاج و اتخاذ تدابير السلامة و الصحة المهنية.

Separators

هي معدات تقوم بعمليه فصل لل phases الذى يتكون منها الخليط, فاذا تواجد بير يحتوى على خام البترول فنجد انه يحتوى ايضا على نسبه غازات و نسبه ميه وكذلك اذا تواجد بير يحتوى معظمه على غازات فهناك نسبه من الخام أيضا.

❖ Methods of Separation

1. Flash separation

وهى تعتبر عمليه فصل على مرحله واحده, ويتم عن طريق اننا اعمل تدفيع للتغذيه على الفرن لرفع درجه الحراره و المحتوى الحرارى لها ثم يتم تمريره من خلال صمام مع تقليل الضغط ,هيبدأ يحصل تبخير جزئى للسائل, وبمجرد ما بوصل لحجم كافى من الخليط في ال flash drumوهنا بيبدأ يحصل الفصل بين ال الغاز والسائل حتى تتم حاله الاتزان بينهم .

وتعتبر هذه العمليه هي اشهر عمليات الفصل المستخدمه في الصناعه و لاسيما في مجال التكرير, وحسابات الطريقه دى شائعه جدا ويتم تطبيقها على كثير من البرامج زى ال HYSIS وغيره.

2. Differential separation

تتم عن طريق عمل انخفاض تدريجى في الضغط اللى مطبقه على التغذيه مع اللازاله المستمره للغاز اللى بيتكون, على عكس التلامس المستمر بين البخار و السائل اللى بيحصل في ال flash separation.

الغرض من ال **Separation** بوجه عام:

i. فصل الغازات الخفيفه C1,C2 من ال crude
ii. الحصول على اكبر كميه من ال heavier components

❖ Classification

✓ يتم تسميه ال Separators بناء على وظيفتها و اشهر هذه الأسماء هي :

1. Trap

عباره عن مصيده يوجد مباشره بعد خروج البترول من البير

2. Gas scrubber

يتم استخدامه اذا كانت ال GOR عاليه

(GOR: gas to oil ratio)

3. Slug catcher

يتم استخدامه للتعامل مع كميات غاز كبيره مع وجود كميات slug

4. Knock-out drum

يستخدم في حاله التخلص من اى قطرات سوائل موجوده في الغاز واشهر استخدام له قبل ال flare

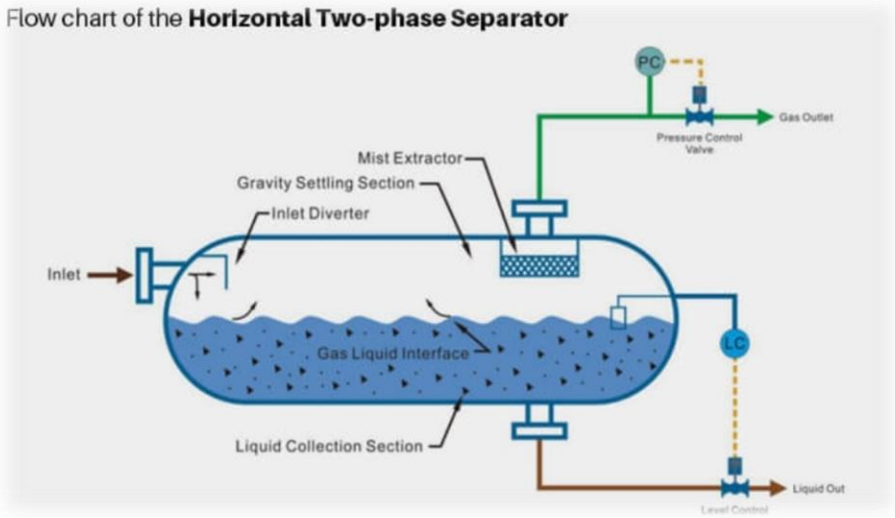
✓ الأسماء التجاريه الأكثر شهره في مجال ال Separators:

i. Vertical separator
ii. Horizontal separator
iii. Spherical separator

✓ تصنيف ال separators بناء على phases of separation

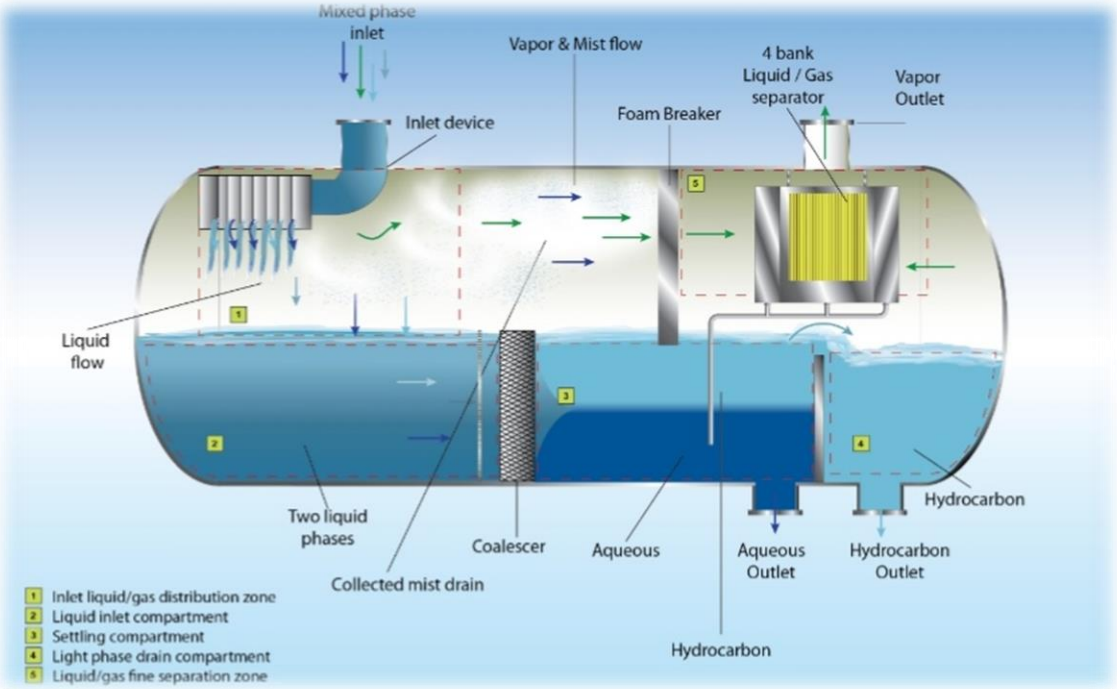
i. Two-phase separator:

separates gas from liquid



ii. Three-phase separator:

separates oil, gas and water



✓ تصنيف ال Separators طبقا لضغط التشغيل :

i. Low pressure separator (LPS)
ii. High pressure separator (HPS)

✓ تصنيف ال Separators طبقا لدرجة الحرارة :

i. Low temperature separator (LTS)
ii. High temperature separator (HTS)

❖ Separator internals

1. **Inlet device or Inlet deflector**
يتواجد داخل قطاع قبل عملية الفصل ويستخدم في عملية الفصل الأولى

يقوم بفصل الـGas Stream عن الـFluid

2. **Baffles downstream**
تقوم بتحسين توزيع الـFlow

3. **Separation enhancement**
تتواجد في قطاع الفصل الأولى ويقوم بالاهتمام بالـPhase separation

4. **Mist extraction device**
- يقلل محتوى السائل في الـGas Stream

5. **Vortex breaker**

تقلل تدفق الدومات مع فتح صمام التحكم في السائل

6. **Interface controller**
يتحكم في مستوى المياه

7. **Pressure relief valve & pressure controller**

يتحكم في الضغط أثناء عملية الفصل

8. Weirs

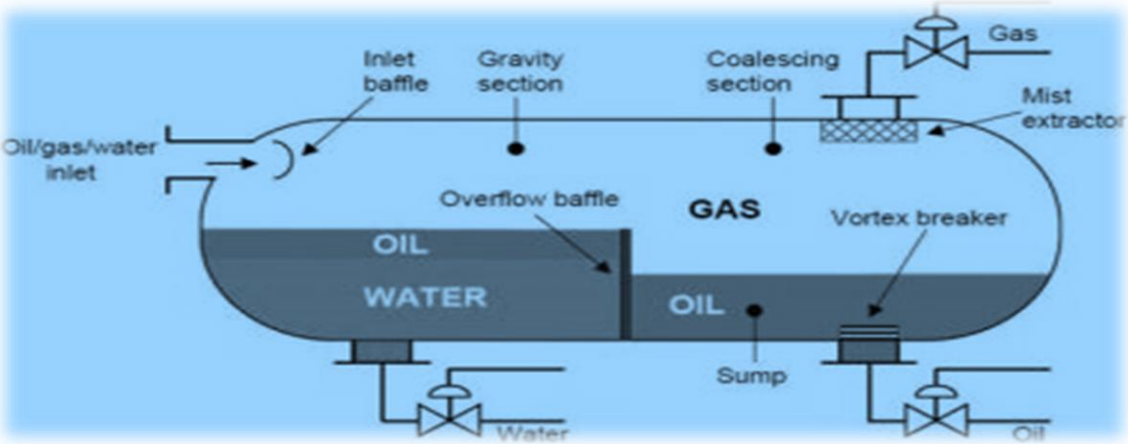
يتحكم في مستوى الـOil

9. Gas, oil, water outlet

تستقبل الناتج من عملية الفصل

10.Defoaming plat

يقلل الـ Foaming عند الـ Gas



❖ Horizontal separator Vs Vertical separator

✓ Horizontal separator:

هو الأكثر استخداما من ال Vertical separator وذلك لما له من مميزات:

i. اصغر حجما
ii. اقل تكلفه
iii. اكثر كفائه
iv. مساحه التداخل بين الغاز و السائل كبيره
v. يستخدم لو كان هناك قابلية كبيرة لحدوث **Foaming**

ولكن لديه بعض العيوب:

i. صعوبه التنظيف
ii. اشغال مساحه كبيرة

✓ Vertical Separator

بعض المميزات التي تميزه عن ال Horizontal separator:

i. الأفضل عند التعامل مع ال Solids واذا كان ال feed يختوى على كميات كبيره من الرمال او الطين او غيرها من الشوائب الغير مرغوب فيها

ii. يفضل استخدامه اذا كانت نسبه ال liquids اكبر من gas

iii. يفضل في حاله ال constant flow

❖ Troubleshooting of separators

تنتج بعض المشاكل عند الحيود عن الهدف الرئيسي من استخدام الـSeparator ألا وهو فصل الـPhases عن بعضها فبمجرد حدوث تداخل بين الـPhases تبدأ ظهور المشاكل ويأتي ذكر بعضها:

1- Liquid Carryover

- **السبب**: صعود جزء من السائل مع الغاز أو الـFlow rate الداخل أعلى من المسموح

تعنبر مؤشر لمشاكل أخرى كعلو مستوى السائل أو انسداد مخارج السوائل وتكون Foam

- **الحل**: تركيب Level Safety High Sensor (LSH) يقوم بغلق الـInlet Flow بمقدار 10:15% عن الـNormal Maximum Level

2- Gas blowby

- **السبب**: انسحاب جزء من الغاز مع السائل (عكس ما سبق)تعتبر مؤشر لانخفاض مستوى السائل
- **الحل**: زيادة الحركة الدورانية

3- Foaming

- **السبب**: مع انخفاض الضغط على الخام تتكون فقاعات تحيط بالـOil تعمل على تكون Impurities وهي السبب الرئيسي لتكون الـFoams

تشغل حجم كبير وتقلل الحجم المتاح للسائل فتصعب عملية الفصل

- **الحل**: التسخين أو إضافة Foam Depressants أومن خلال Agitation (Baffling)

4- paraffin wax

- **السبب**: تراكم للـParaffin Wax تسد الـcoalescing plates في الـliquid section أو تسد الـmesh-pad mist extractor في الـGas Section
- **الحل**:

- استخدام vane type or centrifugal mist extractor
- تنظيف الأجزاء الداخلية باستخدام steam or solvent
- عمل Coating للأسطح باستخدام plastic

Sand & Salts -5

- **المشاكل**: الأملاح تسبب تآكل والرمال تعمل على انسداد الأجزاء الداخلية
- **الحل**:

تضاف المياه لتقليل الملوحة ومن ثم تنزع بعد الفصل

استخدام vertical vessels لإزالة الرمال

Sloshing -6

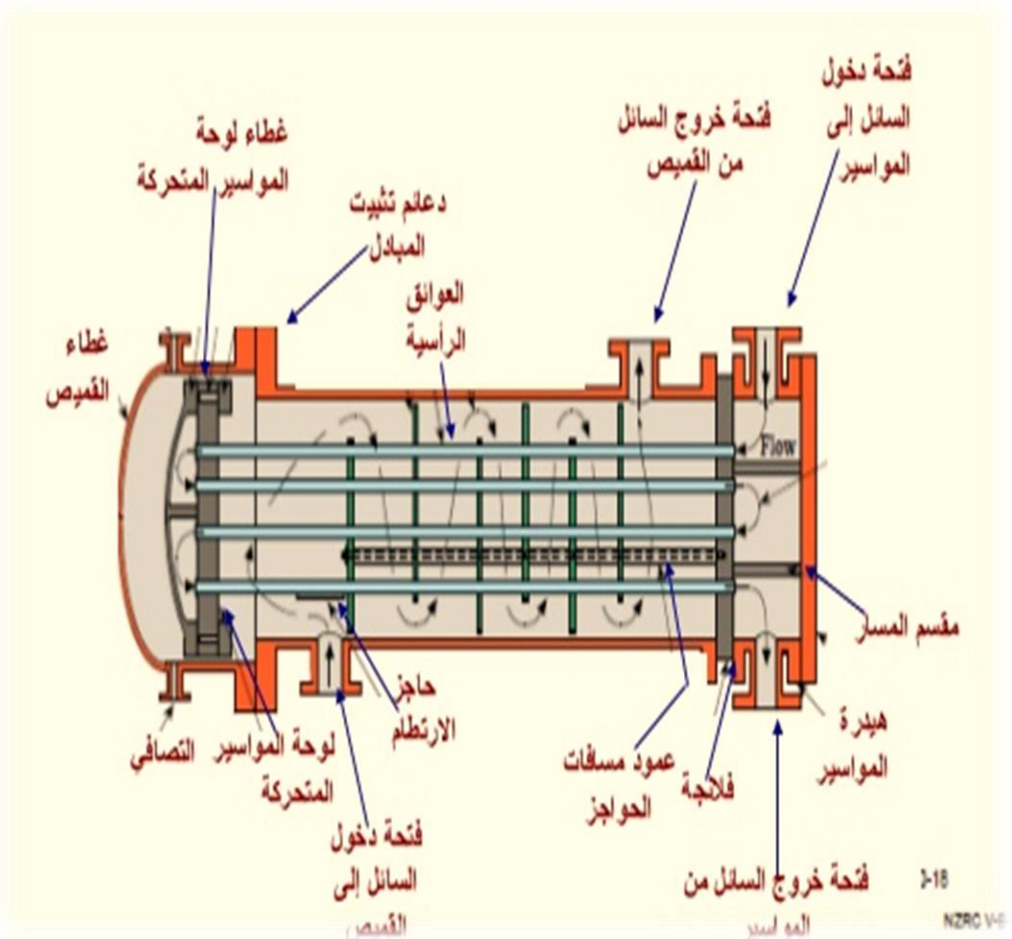
- **السبب**: الـ waves تثير السائل وتقلل من كفاءة الفصل
- **الحل**: زيادة الـwave breakers وهي عبارة عن perforated baffles or plates بتوضع في الـ liquid collection section

Heat Exchangers

- **المبادل الحرارى** :

هو عبارة عن جهاز او أداة تستخدم لنقل الطاقة الحرارية بين مائعين منفصلين دون الخلط بينهما.

- **المكونات الاساسيه له**:

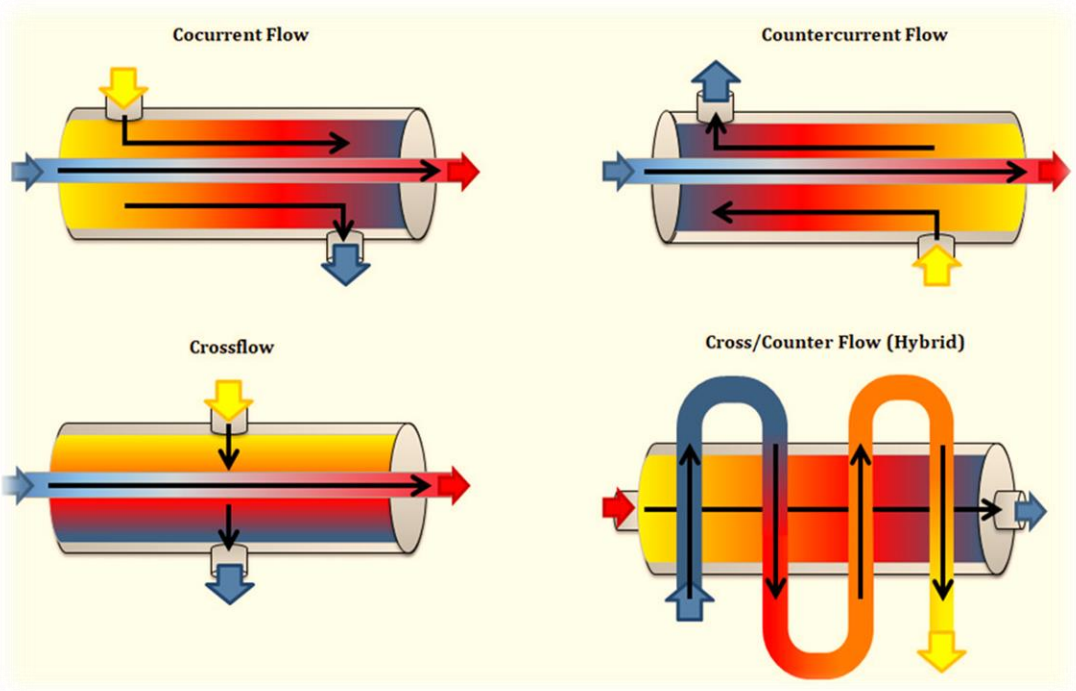


❖ Types of heat exchangers

- أنواعه:

أ- تبعا لل Flow :

i. Parallel flow
ii. Counter Current flow
iii. Cross flow



ب- تبعا لل Construction:

i. Shell and Tube

عبارة عن vessel كبيرة و بها مجموعة من ال tubes بتكون صغيرة نسبياً وتبعا لل configuration الخاص بها يوجد 3 انواع فرعية لل shell and tube HE

وهم :

- U-tube
- Single pass straight
- Two pass straight

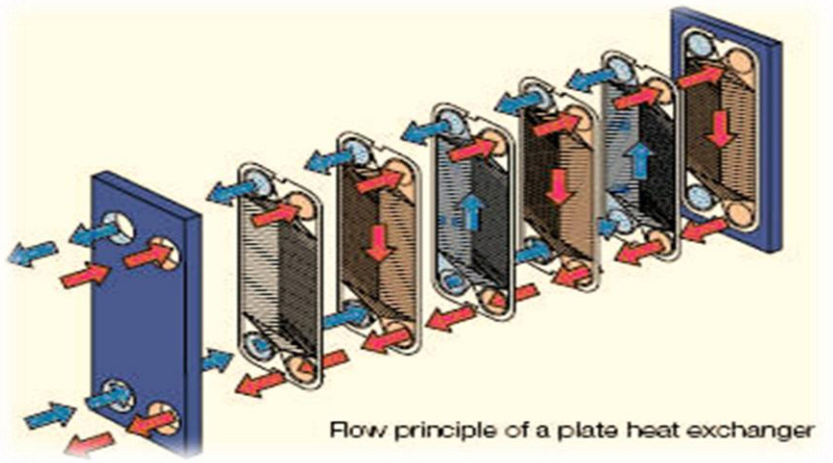
ii. compact heat exchanger

يتميز بتوفير مساحة سطح انتقال حرارة عالية لكل وحدة حجم high heat transfer area per unit volume

وينقسم الي :

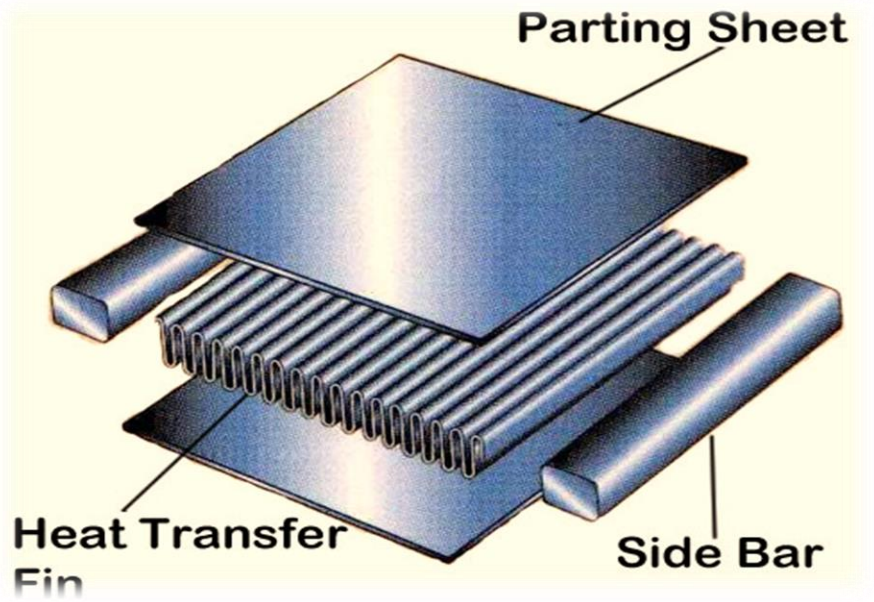
- **Plate and frame heat exchanger**

عبارة عن عدد من ال plates موضوعين بجانب بعضهم البعض علي مسافات متقاربة و مصممين بحيث كل plate يسير عليه المائعين الساخن و البارد كل منهما من جهة و انتقال الحرارة بيتم من خلال ال plate.



- **Plate fin heat exchanger**

يوجد به fin او زعانف توضع بين ال plates لزيادة مساحة سطح انتقال الحرارة والزعانف يكون لها اشكال هندسية مختلفة حيث يمكن أن تكون مثلثة او مستطيلة او مموجة.



- **Spiral heat exchanger**

وهو المبادل الحرارى الحلزونى ويكون على شكل حلزونه عباره عن two plates ملفوفين حول أسطوانة, حيث يدخل السائل الساخن من ال center ويخرج من السطح الخارجى و في نفس الوقت يدخل السائل البارد من السطح الخارجى و يخرج من ال Centre وبالتالي زيادة انتقال الطاقة وتعظيم ال energy recovery.

ويوجد من ال Spiral اكثر من نوع هنتكلم عن أشهر

اربع أنواع :

i. counter current flow

مصمم على شكل افقى بحيث يتناسب مع ال fluid التي يحدث لها fouling فإذا كان على شكل راسى كان من الممكن حدوث settling للمواد الصلبة.

ii. Cross flow condensing

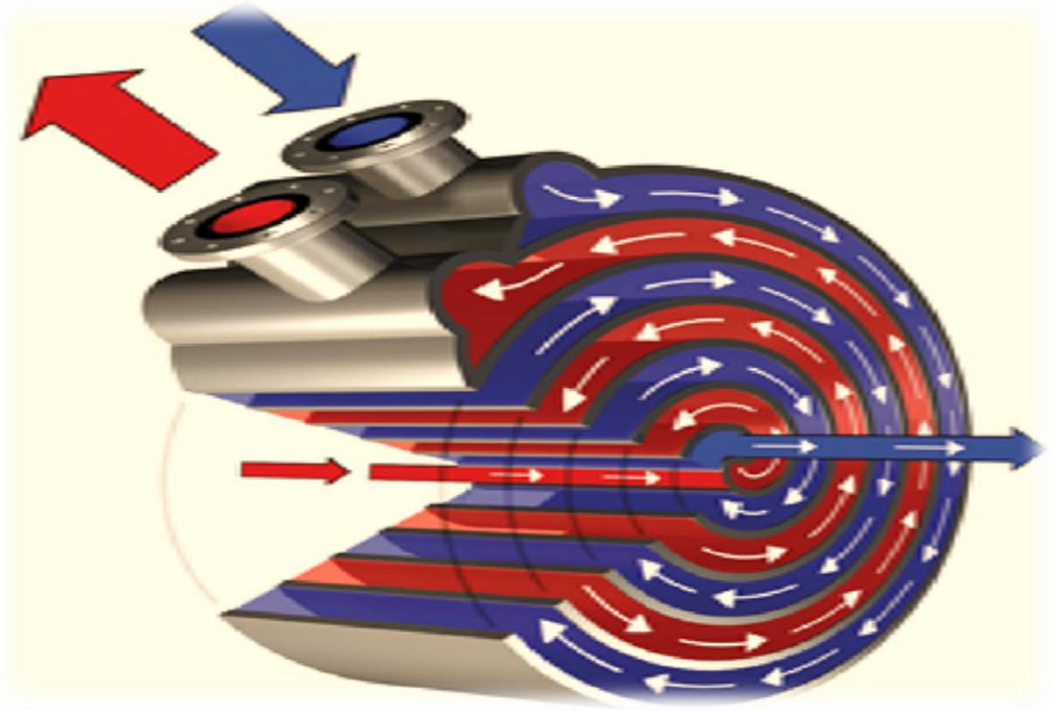
مصمم على شكل راسى بحيث يناسب حركة الغازات وهذا النوع يكون ال drop pressure له قليل وبالتالى من الممكن أن نستخدمه كمكثف.

iii. steam heater

يجمع فى صفاته بين ال counter current flow وال Cross flow condensing.

iv. column solutions

يشبه النوع الثانى ولكن ليس به physical contact وبالتالى لا يحدث تلوث.



- مميزات ال **compact heat exchanger**:

i. **يتعامل مع السوائل التي تسبب fouling فبمجرد حدوث تراكم للمواد الصلبة تقل مساحه مقطع الchannel وبالتالى تزيد سرعه السائل فيحطم التراكمات الصلبة ويدفعها في طريقه فيما يعرف بخاصية ال self-cleaning.**

ii. **ال turbulent flow الناتج عن السريان اللولبى فتتكون قوة طرد مركزى بالإضافة لوجود فواصل ف ال channel والتي تنشئ تيارات دواميه والتي تساعد فى إزالة ال fouling وزيادة ال heat transfer**

iii. **ال high heat recovery capability وبالتالى هنقلل من استهلاك الوقود والغازات المنبعثة.**

iv. **ال compact structure وبالتالى لا يشغل مساحة كبيرة وبالتالي تقل تكلفة التصنيع.**

- العيوب:
  i. يحتاج high welding quality لمنع اى تسريب
  ii. أثناء عملية النقل والتركيب يجب مراعاة الheavy weight, poor rigidity, special care

.

❖ Shell and Tube Heat Exchanger

من أنواع H.Eالتي تتميز بتحملها لضغوط عاليه مقارنه بالبيئه المحيطه.

عباره عن أنابيب دائريه مركب معاها ال Shell بحيث محور الأنابيب الدائريه موازى للShell

منها **نوعين**:

i. front end head
i. rear end head

وبالتالي يوجد نوعين من المبادل الحرارى وهما:

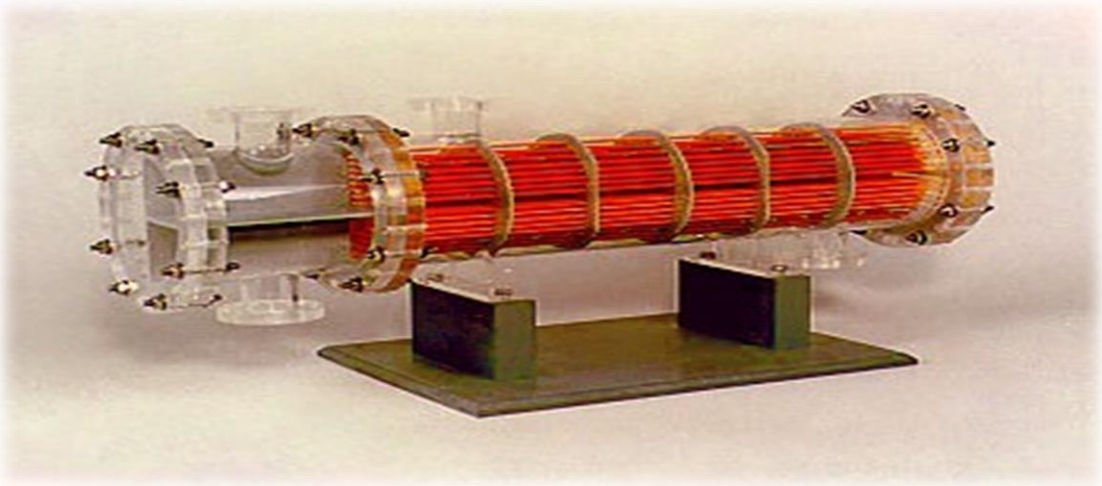
1. fixed tube sheet

- **المميزات:**

رخيص ونظيف ويعد ارخص انواع المبادلات الحراريه كلها..

- **العيوب:**

أنه خاص بالتيارات النظيفه فقط ومقيد بانخفاض درجه الحرارة وذلك لإنه أثناء ارتفاع درجه الحرارة لايوجد سماحية لتمدد الأنابيب لانه ثابته وبالتالى مع ارتفاع درجات الحراره وعدم وجود سماحية لتمدد الأنابيب سيحدث انكسار الأنابيب وبالتالي يعتبر هذا شرط عملهكما انه من الصعب استبداله.



2. floating head

اغلى نوع من أنواع **shell and tube H.E**

يتعامل مع درجات الحراره العالية على عكس النوع الأول وهذا لأنه بيعطى سماحيه كبيره للأنابيب أنها تتحرك لان ال **head** بيتحرك كل معاها مع ارتفاع درجات الحراره وبالتالى يمكن إن تتمدد الأنابيب دون حدوث انكسار وبالتالي تتحمل **range** كبير من درجات الحراره العاليه. كما يتميز بالصيانه السهله.

- **العيوب :** أبرزها السعر فهو اغلى نوع،كما أنه اكثر تعقيدا من النوع الأول

❖ U-Tube Heat Exchanger

- المميزات:

وهذا الشكل يوفر ميزه مهمة جدا .U به يكون شكل الأنابيب الداخلية والانبوبة الخارجية على شكل حرف وهي مضاعفة المسافة التي سيسيرها المائعين بداخله ضعف طوله وبالتالي بتزيد مدة التبادل الحراري وبالتالي بيزود الكفاءة.

يصل طوله ل 6م وبالتالي بيحللي مشكله المساحة نسبيا لانه بيطولي المسافة التي يسيرها المائعين وفي نفس الوقت يوضع في مساحة ارض صغيره

كما boiler او condenser او Heater وحاله حال باقي المبادلات من حيث الوظيفة فيمكن استعمله كما في بعض الحالات

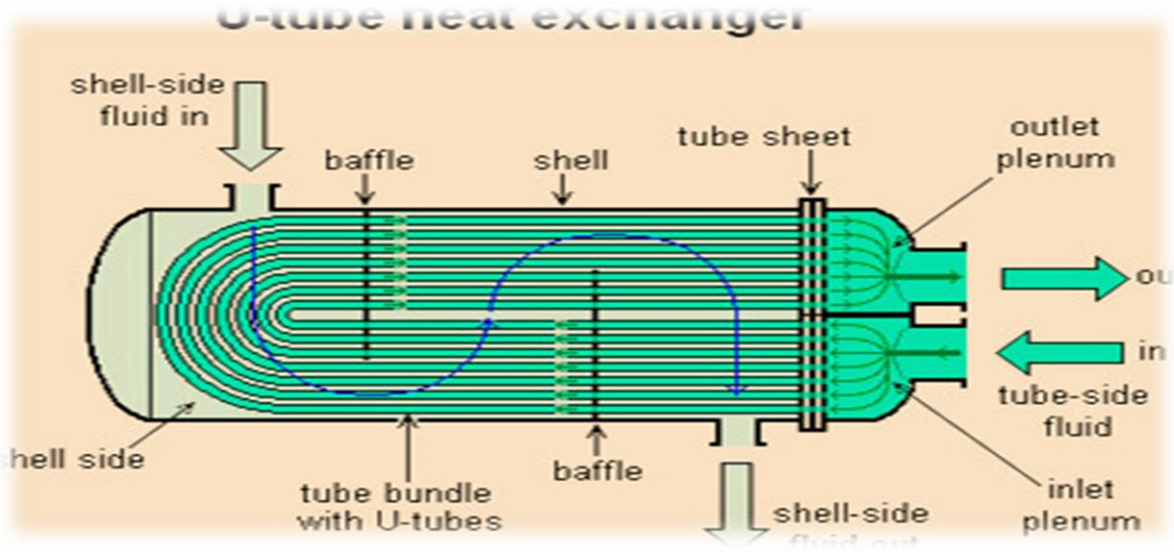
- العيوب :

لكنه لا يستخدم في مجال البترول وذلك لأن من اهم مشاكله مشكلة التنظيف وذلك بسبب شكله بتكون عملية التنظيف صعبة وكما ان شكله يسمح بترسيب الأملاح والعوالق الموجوده في الموائع بشكل أسهل وبالتالي لا يستخدم في مجال البترول الا بشكل نادر جدا يكاد يكون منعدم ،كما أن سعره غالي.

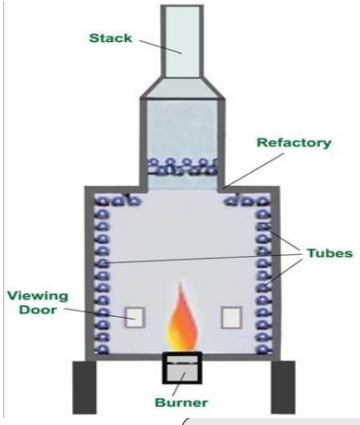
- تطبيقات اخري:

لكن بيتم استخدامه في التطبيقات النظيفة جدا مثل تطبيقات المفاعلات النوويه لانه مصمم للاستخدام في تطبيقات الحرارة والضغوط العالية جدا فبستخدمه في تبريد المفاعل النووي اثناء عمله وباستخدم في التبريد ده مياه البحر وبعد كده باقوم بتصريفها مره اخرى ولكن بعد تكثيفها حتى لا تضر الأحياء البحرية وهنا يكون دور

ال U-Tube heat exchanger انه يكثف المياه ويبردها قبل تصريفها مره اخرى.


shell-side
fluid in
baffle
shell
tube sheet
outlet
plenum
tube-side
fluid
inlet
plenum
tube bundle
with U-tubes
baffle
shell-side

Fired Heaters



introduction

الفرن عبارة عن غرفة مغلقة و معزولة يتم فيها تسخين المائع من خلال الحرارة الناتجة من احتراق وقود.

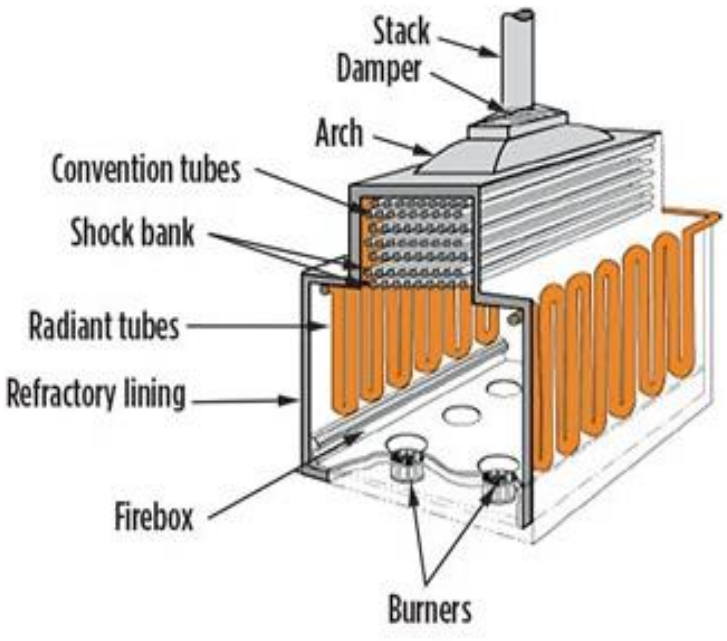
طرق انتقال الحرارة

الحمل
- حركة الهواء هى العامل الاساسى فى انتقال الحرارة

الاشعاع
- تعتمد على الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من المواد عند رفع درجة حرارتها

التوصيل
- تنتقل الحرارة بالتلامس بين المادتين

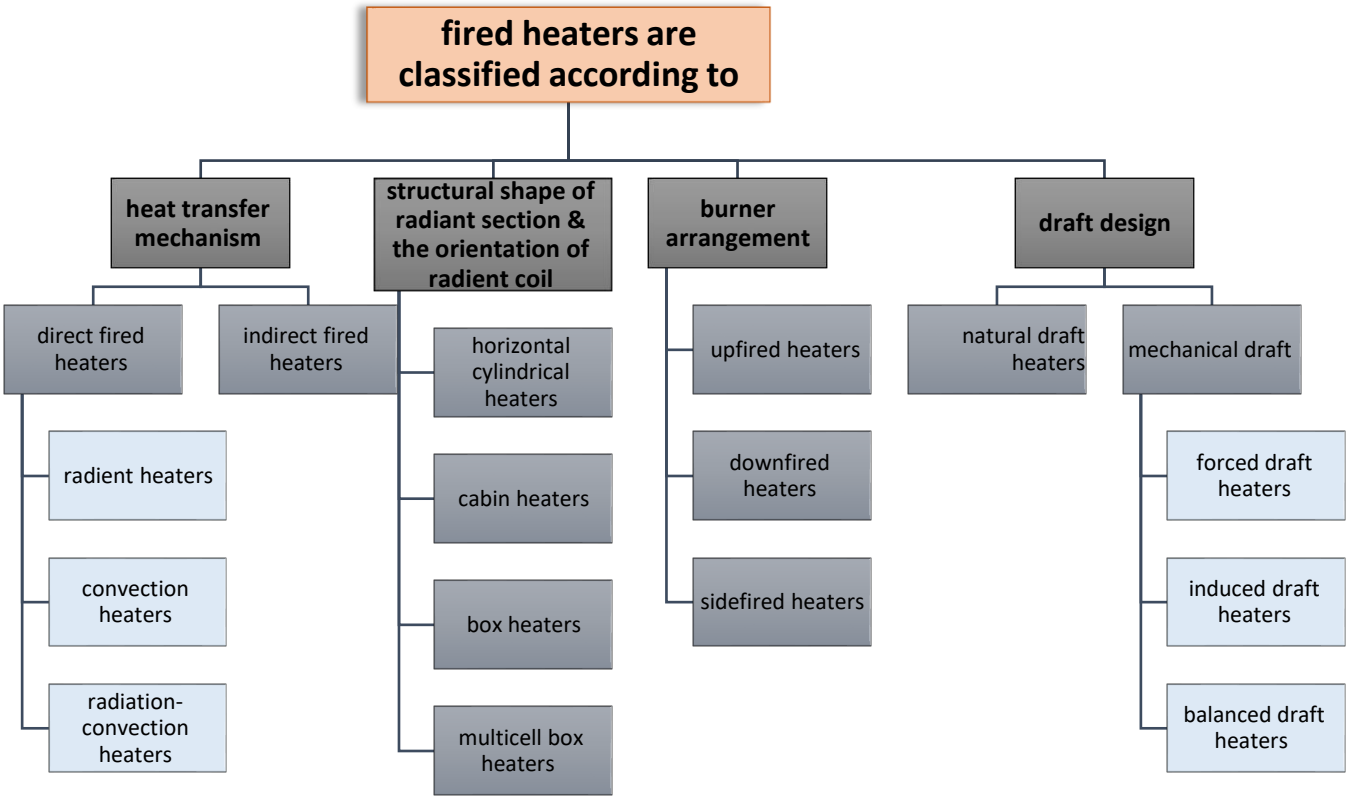
اماكن انتقال الحرارة داخل الفرن



1) **Radiant Section** توجد به انانيب افقية أو رأسية تنتقل اليها الحرارة مباشرة من الشعلة عن طريق الاشعاع وتنتقل اليها ايضا حرارة غازات الاحتراق بالاشعاع والحمل وجزء بسيط بواسطة التوصيل.
2) **Convection Section** يوجد فى الجزء العلوى من الفرن ويتم فيه انتقال حرارة غازات الاحتراق الى جدارن الانابيب عن طريق الحمل وينتقل جزء بسيط عن طريق

التوصيل وعادة تكون هذه الانابيب مزعنفه finned أو studded

تصنيف الافران



اولا:- التصنيف حسب heat transfer mechanism

1) **Direct fired heater** يسخن بطريقة مباشرة لان الانابيب المحتوية على المائع تكون معرضة للنار مباشرة
2) **Indirect fired heater** يسخن بطريقة غير مباشرة و هى عبارة عن تسخين وسط معين بين النار و المائع فمثلا لو الوسط مياه فهتحتوى على انانيب بها المائع واخرى بها النار فعند تشغيل الشعلة يتم تسخين المياه ثم تنتقل الحرارة للمائع

مميزات direct fired heater عن indirect fired heater

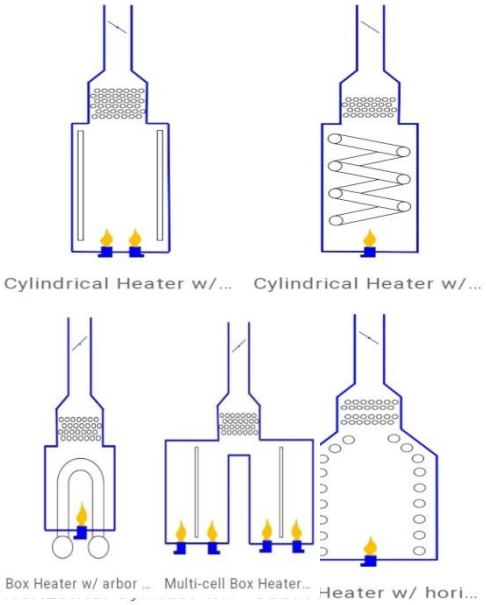
- يحول الوقود المستخدم بأكمله الى حرارة ولذلك يقلل تكلفة التشغيل
- تنتج كميات كبيرة من الحرارة
- بعض وحداته لا تحتاج كهرباء

- ثمن وحداته رخيص
- سهل الصيانة

أنواع direct fired heaters

1) **Radiant heaters** تنتقل الحرارة فيه عن طريق الاشعاع ويستطيع نقل كمية كبيرة الا انه لا يفضل استخدامه لانه من الصعب التحكم فى الحرارة النقولة وايضا من الممكن ان تتوزع تلك الحرارة بشكل غير متساوى على سطع الانابيب
2) **Convection heaters** تنتقل الحرارة فيه عن طريق الحمل و تتوزع بشكل مكافىء
3) **Radiation-Convection heaters** تنتقل الحرارة فيه عن طريق الاشعاع و الحمل و هو الاكثر استخداما لانه يجمع بين النوعين السابقين فيستطيع نقل كمية كبيرة من الحرارة وتوزيعها بشكل مكافىء

ثانيا:-التصنيف حسب structural shape of radiant section & the orientation of the radiant coil



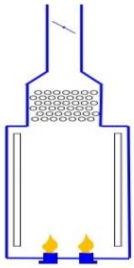
يصمم الradiant section على هيئة اسطوانات أو صناديق و يحتوى على coils وهى عبارة عن ملفات تتحرك رأسيا لاعلى ولاسفل أو تتحرك أفقيا أو تتحرك بشكل دورانى مثل الهليكوبتر أو تكون على شكل شجرة أو بوابة صغيرة.

1) **Horizontal cylindrical heaters**
2) **Cabin heaters**
3) **Box heaters**
4) **Multi cell box heaters**

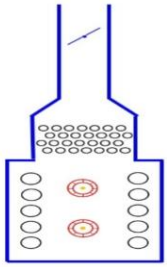
تللك الانواع يوجد منها vertical و horizontal وهى تشير لاتجاه حركة الradiant coil

ثالثا:- التصنيف حسب Burner arrangement

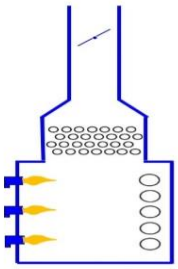
Burners عبارة عن اجهزة مثبتة فى الفرن تقوم بخلط الهواء مع الوقود بنسب مناسبة لتوفير احتراق مستقر ولهب جيد وموَجه بشكل مناسب للجزء المراد تسخينه.



Upfired



End Wall Fired



Side Wall Fired

Burner arrangement المقصود بيه مكان تثبيت الburners و اتجاه اللهب فمن الممكن ان يتم التثبيت فى الارضية أو الجدران أو سقف الradiant section.

1) **Up fired heaters**
2) **Side fired heaters**
3) **Down fired heaters**

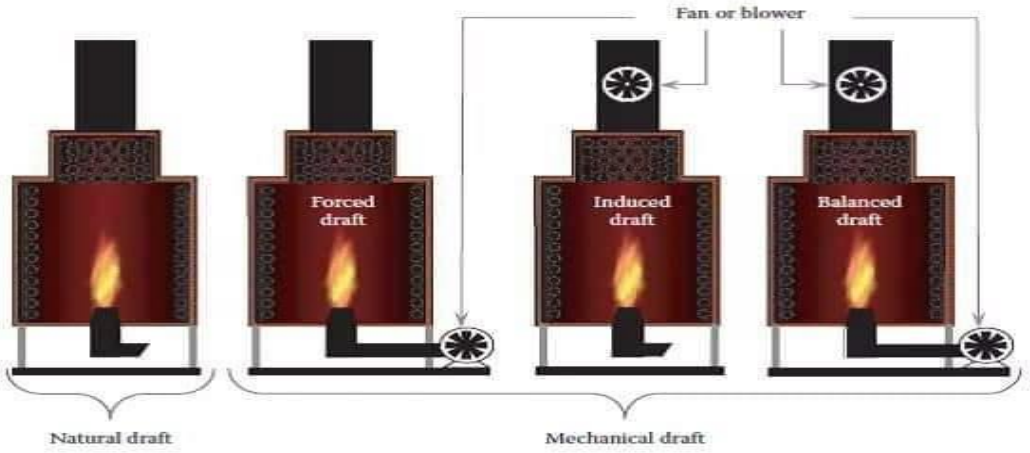
رابعا:- التصنيف حسب draft design

وهى طريقة سحب الهواء اللازم للاحراق

- **Natural draft heaters** هو اكثر الانواع شيوعا ويكون السحب فيه طبيعى فعندما يسخن الهواء تقل كثافته ويبدأ فى التصاعد ويدخل تلقائيا فى مسارات الهواء التى تزود الفرن بالهواء اللازم للاحتراق وذلك بدون استخدام مراوح لتدفيق الهواء. مشكلة هذا النوع ان كمية الهواء المتوفرة للاحتراق قليلة فمن الممكن حدوث احتراق غير كامل وتكون duty صغيرة.
- **Mechanical draft heaters** تنقسم إلى

1) **Forced draft heaters** يحتوى على مروحة موجودة فى اعلى غرفة الاحتراق وتقوم بتدفيع الهواء الساخن الخارج من غرفة الاحتراق وضخه للفرن. من مميزاته انه يمكن استخدام heat recuperation system فمن خلاله يمكن استرداد جزء من حرارة الهواء المدفع لتسخين الهواء الجديد وايضا يكون الduty ليه عالى والاحتراق كامل.
2) **Induced draft heaters** يحتوى على مروحة موجودة فى الاعلى قبل الstack تقوم بزيادة سرعة الهواء فيقل الضغط فيزداد سحب غازات الاحتراق ويكون الduty اعلى من السحب الطبيعى.

3) **Balanced draft heaters** يعتبر دمج للنوعين السابقين لانه يستخدم مروحتين لتدفيع الهواء الساخن من غرفة الاحتراق للفرن.



مشاكل الافران

(i Flame out

(a) **السبب** انقطاع اللهب ولكن الوقود مازال شغال

(b) **النتيجة** فقد الحرارة وتقليل درجة حرارة الفرن و زيادة كمية الوقود المستهلكة نظرا لفتح automatic controller لتدفق كمية وقود اكبر مما يؤدى لحدوث انفجارات

(c) **الحل** معرفة الاعراض الاولية لهذه المشكلة وبالتالى تجنب حدوثها أو غلق الفرن فى حالة عدم معرفة كمية الوقود الغير محترق

(ii Flame Impingement

(a) **السبب** اصطدام اللهب بالانابيب

(b) **النتيجة** حدوث تفحم للخام واذا كان الاصطدام مستمر أو متكرر يسبب اجهاد حرارى للانابيب ويضعف المعدن وينكسر

(c) **الحل** ضبط الburners أو تقليل تدفق الوقود واذا لم تنجح الطريقتين نضطر لازالة الburner وعمل تنظيف وصيانة لها

(iii Hot Spot

(a) **السبب** تعرض الانابيب أو الrefractory لاجهاد حرارى ويتم الكشف عنها بواسطة pyrometer أو النظر لانها تظهر على هيئة بقعة حمراء متوهجة

(b) **النتيجة** تفحم الخام وانكسار الانابيب

(c) **الحل** غلق الفرن وتفريغ الانابيب ثم حقنها ب superheated steam or air

(iv) Spalled refractory

(a) حدوث فقد لاجزاء من جوانب الفرن وسقوطها فى ارضيتة وذلك بسبب قدم الrefractory وتآكله أو انه لم يتعرض لعمليات معالجة وتجفيف

(v) Burner Failure

(a) السبب حدوث fouling أو انسداد وبالتالى ينطفيء اللهب

(b) الحل تنظيف الburner أو عمل صيانة لها

(vi) Feed Pump Failure

(a) النتيجة حدوث اجهاد حرارى للانابيب بسبب وجود الخام الساخن فيها لفترة اطول

(b) الحل عمل restart للطلمبة أو استخدام طلمبة اخرى

(vii) Soot Blowing

(a) نتيجة احتراق الوقود يتكون ash على الاسطح الجارجية للانابيب وبالتالى يقلل من انتقال الحرارة ويمكن حلها بتزويد الفرن بsoot blowers

(viii) Fan Failure

(a) النتيجة فقد الdraftالمسؤلة عن تزويد burner system بالهواء

(b) الحل تزويد الفرن بautomatic natural draft doors تفتح فى حالة ال fan failure لامداد الهواء أو تزويد الفرن بsteam rings تقوم بسحب البخار للمدخنة فيحدث draft وتستمر العملية.

Pumps and Compressors

❖ Overview

.هو أداة أو جهاز يُستخدم لإجبار السائل ليتحرك في اتجاه محدد

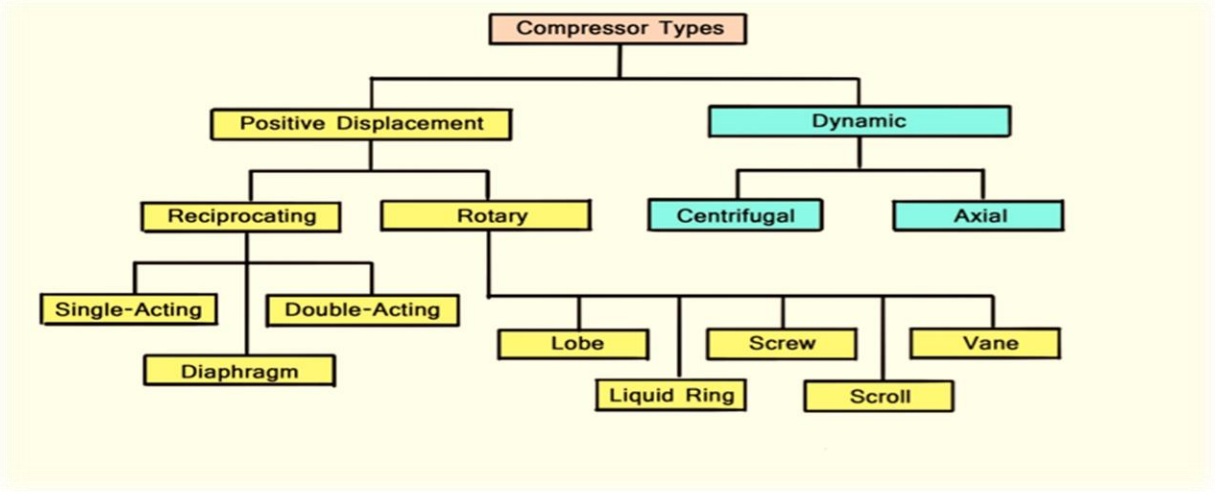
ببساطة شديدة : في البيت لكى تصل المياه للدور الثالث مثلا لابد إنك تتغلب على الضغط الناتج عن فرق الارتفاع ولذلك احنا نلجأ لل pump لكى تساعدنا في التغلب على هذا الضغط .

لازم ال (operating pressure) نفس الكلام بالضبط في مجالنا ، نتيجة إن كل معدة لها ضغط تشغيل معين يدخل عند هذا الضغط فنضطر نستخدم ال feed pump.

ولكن فيه حاجة تانية أهم وهي pressure نحتاجها بتكون لل pump تعال لكى نزن الكلام خد بالك ليس أي اللي داخلة للبرج لكى أرفع oil افرض أنا عملت تعديل على البرج و ومحتاج أزود كمية ال...flow rate الإنتاجية واكسب أكتر ....الحل ايضا هو pump.

يعنى هي بترفع الضغط ولا بترفع الكمية !!؟ اكيدا السؤال جه على بالك

نرد ونقولك انه فيه أنواع :-



❖ Centrifugal Pump

نبدأ كلامنا عن اول الانواع والاشهر، فاحنا اكيد سمعنا عن حاجة اسمها قوة الطرد المركزية وسمعنا ع عن المضخات أيضا ، لو دخلنا الكلمتين على بعض يعملوا لينا المضخة الطاردة المركزية أو الـ Centrifugal pump

طب يا ترى معنى مضخة الطرد المركزية ايه !؟ وهل طالما إنها تطرد السائل تسحبه ازاي !؟

خلينا نعرف الاول بعض المصطلحات:

- **المضخة:** هي الأداة التي بها نقدر نُكسب السائل الطاقة التى تحركه ، عن طريق سحبه من البئر مثلا وبعدين نضغط عليه ، فسرعته تزيد والمضخة تستمد طاقتها من محرك كهربي أو حراري. بتتكون من جسم غير متحرك (غلاف المضخة)"انظر عليه في الصور" بيكون داخله فراغ وفيه فتحتين واحدة منهم لسحب السائل وبعدين تضغطه وسرعته بتزيد إخراجه من الفتحة الثانية.

المضخة لها أنواع أشهرهم هي المضخة الطاردة المركزية أو الـCentrifugal pump وهذا موضوعنا الاول.

مبدئيا لازم نعرف معنى طرد مركزي:

قوة الطرد المركزية: هي قوة فيزيائية تنشأ نتيجة لتحرك الجسم في شكل دائري ومن اسمها فهي تطرده بعيد عن مركز الدوران.

طب دخل كدا تعريف المضخة في تعريف قوة الطرد المركزي نستنتج أن:

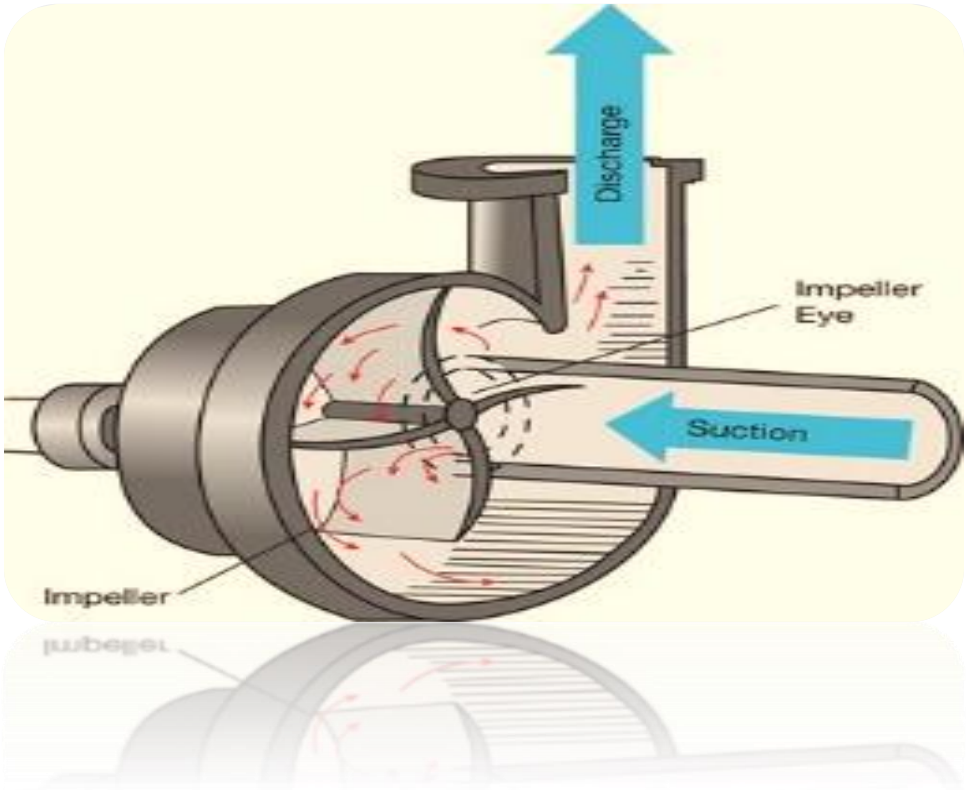
✓ **الـCentrifugal pump:**
مضخة دورانية هدفها إنها ترفع ضغط السائل وبالتالي زيادة سرعته عن طريق إنها تسمح له يقرب من مركزها وبعدين باستخدام المروحة أو الـimpeller تطرد السائل بعيد عن المركز نتيجة قوة الطرد المركزية الناتجة عن دورانها فتطرده بسرعة أعلى.

طب كيف يتم الموضوع عمليا في المضخة ؟

نتيجة إن ضغط السائل عند عين المروحة (مركزها) أقل من الأطراف فيتجمع عندها ومع لف المروحة يبدأ السائل يُطرد للخارج على الأطراف ومنها يخرج من فتحة تانية.

هل يا ترى هي كدا تطرد السائل ولا تسحبه!!

ببساطة هي تسحبه من عين المروحة وتطرده باستخدام قوة الطرد المركزية .



المميزات: -

سهلة التشغيل _ قلة التكلفة _ سهولة الصيانة والتركيب _ كفاءتها عالية

العيوب :-

إن مقدار رفع المياه بيكون محدود نسبيا

نستخدمها في أماكن كتير:

ضخ المياه من الآبار والجداول والخزنات والبحيرات وضخ المخلفات المائية بالمواد الصلبة الي فيها بالإضافة لضخ المياه النقية

فعلا تستحق الشهرة بين كل المضخات.

❖ Reciprocating Pump

هي نفس فكرة الحقنة بالضبط.. كمية معينة من سائل بداخل أسطوانة و من ثم ادفعهم للخارج من خلال Pumping Element.

وعندي منها 3 أنواع:

1. Piston Pumps
2. Plunger Pumps
3. Diaphragm Pumps

و كلهم في منهم Single Act و Double Act ما عدا ال Plunger بيكون single فقط...

دعنا نتكلم عن أول نوع وهو ال **Piston Pumps**

بتتكون من :

i. **Piston**:

يستخدم في إزاحة السائل و غالباً يُصنع من الحديد الصلب أو بعض السبائك الخاصة من الصلب (علي حسب نوع و مكونات السائل الذى يتعامل معه) و يتحرك داخل أسطوانة و من خلال حاجة اسمها Piston Rings، لا يحصل تسريب للسائل بين المكبس piston و الأسطوانة اضافة الى انها بتقلل الاحتكاك بينهم ..

ii. **Cylinder**:

عبارة عن الجسم الذى السائل يكون داخله و ويتولد فيه الضغط و وهى التى تحدد النوع إذا كان Single Act أو Double Act

و سنعرف امتى نحدد النوع حالا...

iii. **Valves**:

وهذه هي البوابة اللي السائل يدخل و يخرج من الأسطوانة من خلاله و بتبقي من النوع Check Valve، و دي بتفتح أوتوماتيك بفرق الضغط.

لو عندي صمامين بس في الأسطوانة تبقي Single Act؛ أما

لو عندي 4 صمامات 2 امام المكبس و 2 وراءه تبقي Double Act.

وهذه فكرتها إن مشوار السحب في ناحية ما من المكبس يحصل أثناه طرد من الناحية الثانية و العكس صحيح.

iv. Crankcase(Frame):

و هذه العلبة التى تتحمل الأجزاء الميكانيكية الخاصة ب

ال Power End و بيكون فيها زيت التزييت و مُصممة إنها تتحمل الأحمال اللي الاتية من المكبس.

v. Crank Shaft:

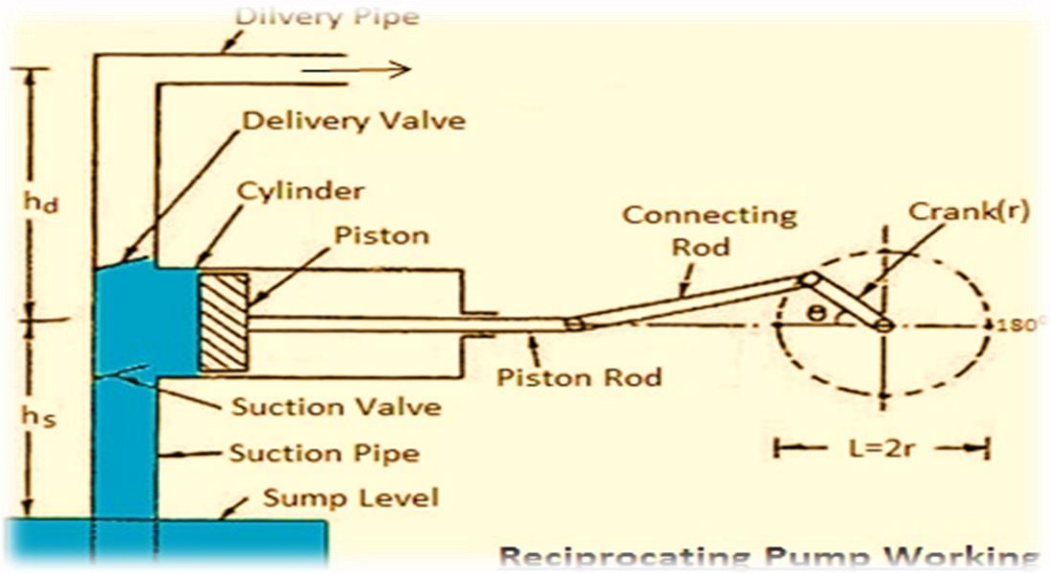
و هذا القضيب الذى ينقل الحركة من الموتور

لل Connecting Rod، و الذى دوره يحول الحركة الدورانية المستمرة لحركة ترددية و ويوصل ال Crank Shaft (أو عمود الكرانك) بالمكبس مباشرة أو بحاجة اسمها Cross-head

vi. Cross head:

وهذا يحول الحركة الترددية الاتية لحركة أفقية ويُستخدم فقط في حالة الإجهاد الكبير علي المضخة أو في حالة ال Double Act

هذا النوع من pump غالباً نستخدمه في مصانع التكرير في الحقن لما تحب تحقن مادة معينة أثناء السريان



❖ Centrifugal vs reciprocating pumps

الفرق بينهم؟!

يلا بينا نشوف

ال mechanism بتاع ال **Centrifugal** أبسط عشان كدا أجزاءها عددها صغير وبسيطة؛ فسعرها أقل وتشغل مساحة أصغر على عكس **reciprocating** ، وكمان هتكون أسهل فى الصيانة وأرخص.

كمان ال **centrifugal** تتعامل مع كميات كبيرة من السائل عشان عمليه التفريغ مستمرة عكس reciprocating تتعامل مع كميات صغيرة والتفريغ متقطع عشان بستني لما أسطوانة المكبس تمتلأ بالسائل وبعدين تفرغه.

طيب عشان نملى الخزانات نستخدم أنهى نوع؟؟

نستخدم **centrifugal** عشان لما بيكون الارتفاع صغير يفرغ كميه أكبر من السائل أما فى ال **reciprocating** فمعدل السريان ثابت وصغير ونستخدمها لما نكون محتاجين كمية صغيرة ترتفع مسافة كبيرة.

عشان نرفع سائل لزج نستخدم ايه؟؟

ال**reciprocating** لأنه لا يتأثر المعدل باللزوجة، أما **centrifugal** كل لما اللزوجة تزيد يقل المعدل.

ال**centrifugal** كمان نستخدمها مع السوائل التى معها catalyst، بينما المواد الصلبة نستخدم معها ال PDP

هو أي نوع معدل سريانه لا يتأثر ب specific gravity؟

reciprocating

طب أي نوع لا يعانى من مشكله priming؟؟

Centrifugal

الreciprocating بنسميها self-priming عشان لما نسحب المكبس ينشأ فرق فى الضغط أما ال centrifugal لازم السائل يكون موجود في pump لكى يولد فرق فى الضغط...

ومن الممكن اننا نحل المشكلة دي عن طريق اننا نستخدم double acting

وأخيرا وليس اخرا نتمنى نكون كدا وصلنا لك الفرق كويس جدا وتقدر تحدد من خلاله تختار أي نوع....

❖ Multi-Stage Pumps

هي عبارة عن مضخات بتتكون من سلسة من المضخات متصلة مع بعضها والتي نسمى كل واحدة منها مرحلة؛ بحيث إن كل مرحلة تزيد الضغط أكتر عن المرحلة اللي قبلها لكن يكون معدل التدفق ثابت وبالتالي نقدر نولد ضغط عالي جداً نقدر ننقل بيه السائل اللي عندنا لمسافات طويلة.

تنقسم **لنوعين :**

أ- **أفقي Horizontal multistage pumps**

ب- **رأسي vertical multistage pumps**

والفرق ما بينهم يعتبر في إن المضخات الأفقية تتحمل ضغوط عالية اكتر من الرأسية باستثناء مضخات التوربينات، إلى جانب إن النوع الرأسي ممكن استخدمه كمضخات غاطسة مثل ما يحدث في الآبار العميقة.

وقبل ما نعرف التطبيقات خلينا نعرف الأول نختار النوع على أي أساس !؟

من الحاجات التى نختار على أساسها النوع:

١- المكان اللي نحط فيه المضخة إذا كان كبير أو صغير؛ فبلاقي إن المضخات الرأسية تشغل مساحة أصغر.

٢- سهولة الصيانة يعني بشوف الصيانة لأي نوع هتكون أسهل وأوفر معنا والذى يعتمد أحيانا على انواع المضخات الاخرى المتصلة معها على الخط.

٣- الغرض الذى نحتاج المضخة لأجله؛ يعني لو عاوز أوصل السائل لأبعد مسافة أفقية نستخدم المضخة الأفقية ولو عاوز أوصل السائل لأعلى نقطة نستخدم النوع الرأسي.

و ها هي **التطبيقات**:-

من التطبيقات اللي نستخدم فيها المضخات هي

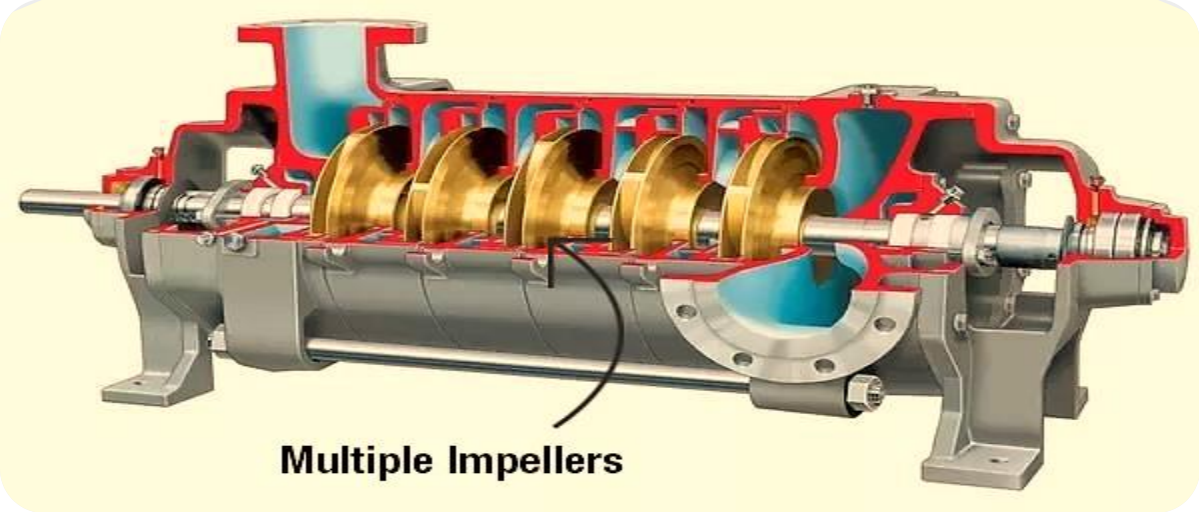
❖ **تطبيقات المضخة الأفقية:**

- Reverse Osmosis
- Boiler Feed
- Shower
- Spray
- Cogeneration
- Pressure Boosting
- High Pressure Cleaning
- Snow making
- Condensate
- Mine dewatering
-
- **تطبيقات المضخة الرأسية:**

- High pressure shower systems
- Boiler feed water
- Desuperheater feed

وأخيراً نعرف العيوب:

والتي ممكن أن تتمثل في زيادة حساسية العمود الدوار للاهتزازات نتيجة لزيادة العدد.



❖ Cavitation

تعد ظاهرة التكهف (cavitation) احد اكبر المشاكل التي تواجه مصانع التكرير و قد تتسبب في خسائر كبيرة جداً.

90% من المشاكل التي تحدث في المضخات تكون بسبب:

1- النكهف **cavitation**

2- التصميم الغير جيد

3- عدم الانتظام في الصيانة الدورية

كما ان المشاكل التي يسببها الـ cavitation قد تقلل من عمر المضخة حوالي 10-15 سنة

- **ما هي ظاهرة التكهف Cavitation**

هي ظاهرة تحدث نتيجة التغير في ضغط السائل ليصبح اقل من او يساوي الضغط البخاري مما يؤدي لتكون فقاعات من البخار او ما يعرف بالـ cavities

قد يتم تفاجي تلك الظاهرة بالتصميم الجيد مع الأخذ في الإعتبار الـ losses الناتجة عن الاحتكاك داخل الخطوط و مراعاة التشغيل في ضغط أعلي من الضغط البخاري و لكن قد ينسي بعض المصممون أخذ الاجزاء الداخلية للمضخة في الإعتبار مما يزيد من الـ losses ويكمن الحل فيما يدعي بالـ (Net Positive Suction Head required) او ما يعرف بالـ NPSHr و هو عبارة عن الفرق بين ضغط السائل و الضغط البخاري عند دخول المضخة و يتم تحديد قيمة الـ NPSHr من الجهة المصنعة للمضخة ولا يجب المخاطرة و العمل بتلك القيمة بالضبط حيث انها اقل قيمة لا يحدث عندها cavitation و بناءً عليه يجب علينا حساب NPSH جديد يعرف بالـ (Net Positive Suction Head available) او الـ NPSHa بحيث ان تكون دائماً NPSHr<NPSHa

و **يمكن التحكم في الـ NPSHa بأكثر من طريقة كالتالي:**

1- زيادة ضغط الـ drum التي يسحب منها السائل

2- زيادة ارتفاع الـ drum

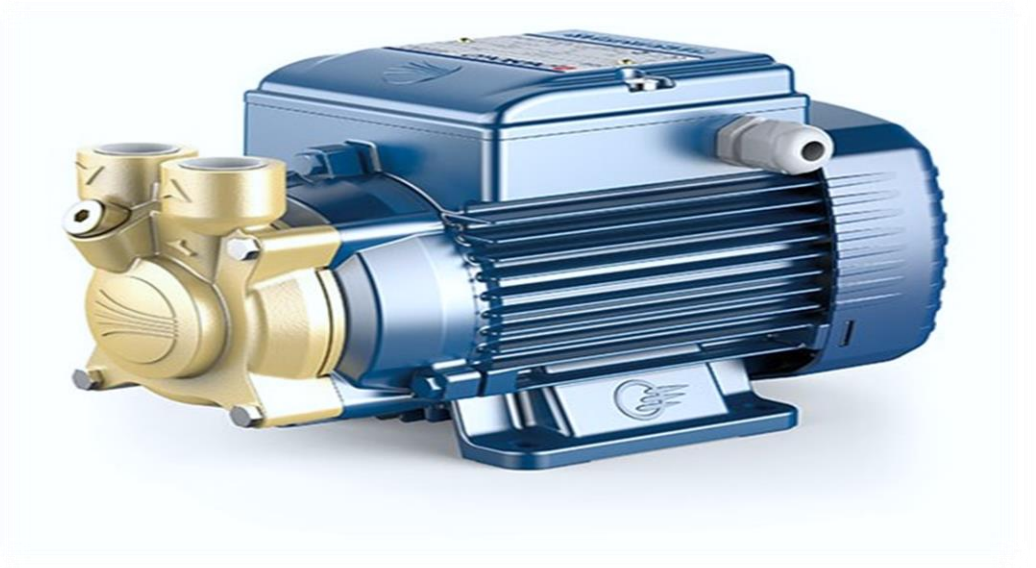
3- استخدام خطوط ذا قطر أكبر لتقليل الـ losses

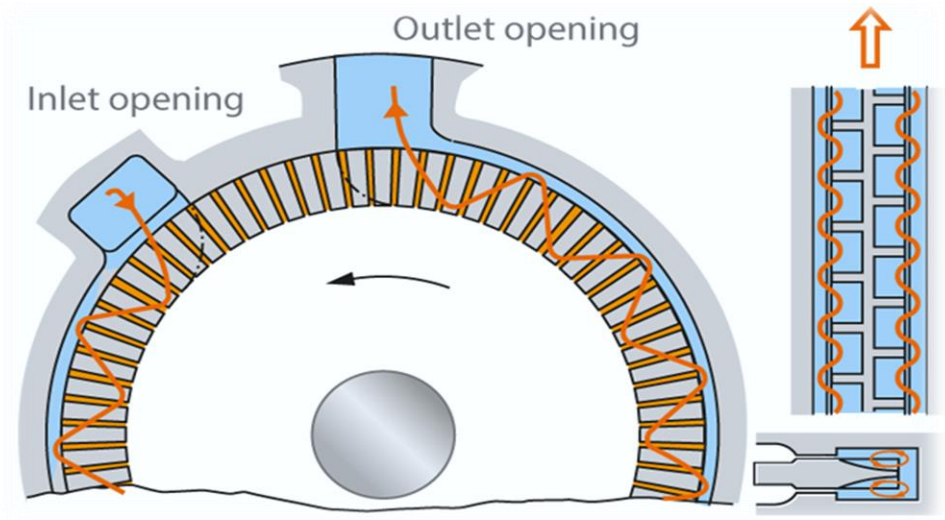
4- تخفيض حرارة الـ fluid مما يقلل الضغط البخاري للسائل

Special Types of Pumps ❖

1. Peripheral Pumps

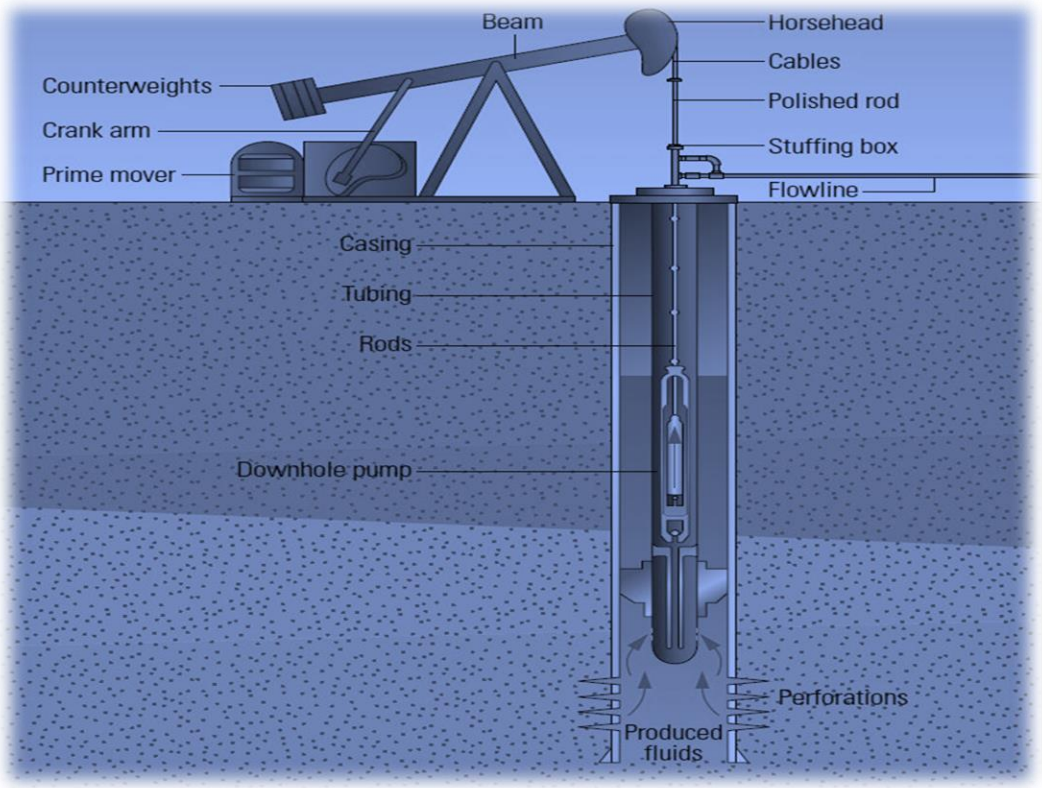
و تشبه في شكلها الخارجي الـ centrifugal pump و تعمل علي زيادة الـ flow rate بالإضافة الي قدرتها علي زيادة الـ pressure Head عند معدلات سريان صغيرة و ذلك لأن السماحية بين الـ Impeller و الـ casing تكون صغيرة جداً





Gas Lift Pump .2

و في هذ النوع يتم استخدام غاز او هواء مضغوط لرفع السائل من مكان منخفض لمكان عالي عن طريق خلطهم معاً لتكوين مزيج خفيف و كان هذا النوع يستخدم قديماً في الابار .



Jet Pumps .3

و فيها يتم استخدام الـ Momentum الخاص بسائل لتحريك سائل اخر **و تنقسم الي نوعين:**

- **Ejector Jet Pump**

ويسمي هذا النوع أيضاً بالـ siphon, exhauster, educator ويكون للسائل الذي يستخدم في التدفيع Head أعلي من السائل المُدفع

- **Injector jet pump**

و في هذا النوع نستخدم البخار و خاصة في الـ Boilers و الوظائف المشابهة و يتم سحب السائل بنفس ضغط البخار المستخدم كفاءة النوع الأول تكون قليلة مقارنةً بكفاءة النوع الثاني.

- **Screw pump**

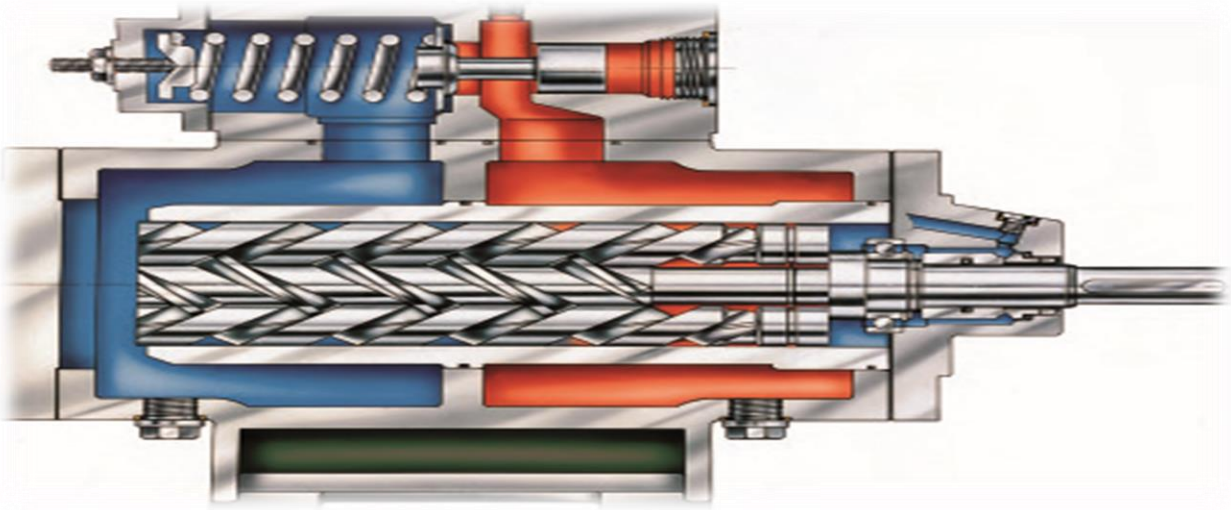
و تشبه هذه المضخة المسمار و هي نوع من أنواع الـ positive displacement pumps و يكون الـ screw ذا قطر كبير ويمكن استخجام هذا النوع لتدفيع

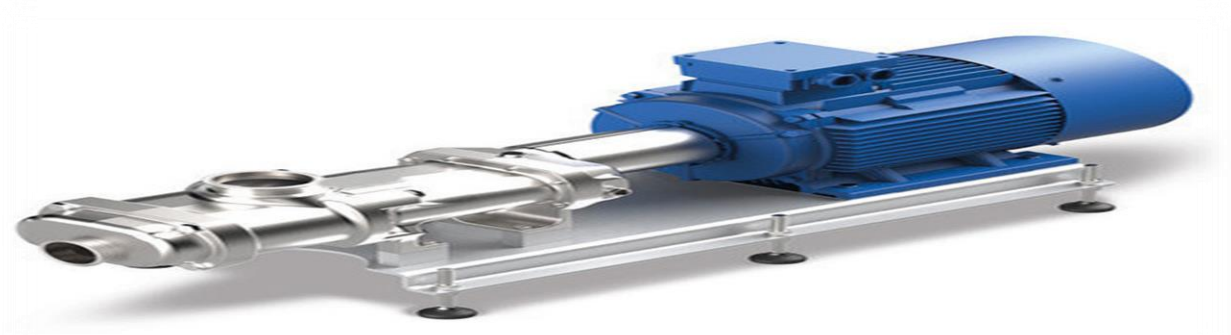
Thick sludge

Solids

و لكن عند low NPSH, low shear, low entrance angle and low turbulence conditions

و يستخدم هذا النوع في مصانع العصائر للخضروات و الفاكهة





❖ Pump Performance curve

و هو منحني يعبر عن أداء المضخة كدالة في معدل السريان و الـ head أي ان لكل مضخة ظروف معينة تعمل عندها بأعلي كفاءة ممكنة و يحتوي هذا المنحني علي كل شيء تحتاج معرفته عن المضخة مثل :

driver horsepower, impeller size, liquid properties, pump efficiency, pump head and capacity and NPSH requirements.

Vapor lock

و هي مشكلة تظهر أثناء التشغيل نتيجة فقدان المضخة للـ priming أي ان الجزء الذي يوجد فيه الـ impeller غير ممتلئ تمامً بالسائل ولكنه يحتوي علي بعض الأبخرة مما يؤدي الي تكسير الـ impeller

الفرق بين المضخات و الضواغط:

المضخة هي الة تضخ المائع بسرعة أعلي من سرعة دخوله اليها و تختلف الية عملها باختلاف نوعها

اما الضاغط فيقوم بضخ المائع بسرعة اعلي من سرعة دخوله عن طريق ضغطه الي حد معين ثم فتح طريق امامه ليخرج بسرعة عالية و يعمل مع الغازات فقط لانه يعتم علي ضغط المائع فقط

Compressors	Pumps
يعتمد علي ضغط المائع	تعتمد علي الـ head
يعمل مع الغازات	تعمل مع السوائل
حجم المائع يتغير	حجم المائع يظل ثابت

خصائص الموائع :

تكمن أهمية خصائص الموائع في اختيار الأجزاء المكونة للمضخات و الضواغط و هذه الخصائص هي :

1- اللزوجة viscosity

تكمن أهمية اللزوجة في قابلية الغاز للتسريب من بين الخلوص و التي تكون اعلي بكثير من قابلية السائل لان لزوجة الغاز اقل بكثير من لزوجة السائل و ينقسم التسريب الي تسريب داخلي و خارجيب

التسريب الخارجي:

قابلية المائع للتسريب من داخل الضاغط او المضخة لخارجهما تكون عالية جداً مما يجعلنا نستخدم أنواع مختلفة من الـ external seals

في حالة المضخات نستخدم:

A) Packing Seal B) Mechanical Seal

في حالة الضواغط نستخدم:

A) Carbon Ring Seal B) Dry Gas Seal C) Oil Lubricated Seal

التسريب الداخلي:

أي سريان يكون من نقطة أعلي في الضغط الي نقطة أقل في الضغط مما يجعل إمكانية تسريب الغاز في الأجزاء الداخلية للضاغط عالية و بالتالي يجب ان تكون سرعة الضاغط أكبر من سرعة المضخة فسرعة المضخة تتراوح بين 1500:3000 rpm أما سرعة الضاغط فتبدأ من 5000 rpm لمنع التسريب الداخلي مما يأخذنا لنقطة هامة جداً و هي أنواع الموتور المستخدمة في كلاهما ففي حالة المضخة نستخدم Electric Motor Drive أما في حالة الضاغط نستخدم Steam Turbine Drive or Gas Turbine Drive

2- الكثافة:

كثافة السائل تكون اكبر بكثير من الغاز مما يترتب عليه أن حجم نفس الكتلة من الغاز يكون اكبر بكثير من السائل مما يترتب عليه ان حجم الضاغط يكون اكبر بكثير من حجم المضخة في المعتاد

و يكون للغاز light inertia او بلغة ابسط يكون خفيف و يسهل ضخه عكس السائل و يترتب علي ذلك أن

-السرعة العالية للضاغط لا تسبب inertia head كما في حالة السائل

-الـ impellers في المضخة تكون سميكة عنها في الضاغط لأن التعامل مع الغاز يكون أسهل

3- قابلية الانضغاط او الـ Compressibility

السوائل غير قابلة للانضغاط عكس الغازات و بناءً علي ذلك في حالة الـ Multi-stage compressor نجد أن حجم الغاز في كل مرحلة يكون أقل من المرحلة التي تسبقها

و أيضاً في حالة التخزين يمكن تخزين الغاز تحت ضغوط عالية أي أن الخزان الذي يتحمل حجم X من السائل يمكن أن يتحمل تقريباً حجم 10x من الغاز

4- العلاقة بين الضغط و درجة الحرارة:

في حالة السوائل نجد أن درجة الحرارة تتغير تغير بسيط جداً بتغير الضغط علي عكس الغازات و لذلك نجد أنه في حالة الـ piston compressor نحتاج نظام تبريد سواء للضاغط أو للخطوط التي يتحرك داخلها الغاز.

Valves

Introduction

❖ يتم استخدام ال valve للتحكم في سريان السائل ويوجد منه انواع وأحجام مختلفه على حسب الاستخدام .
ويتم تصنيف الأنواع طبقا ل:

1- عنصر التحكم فى السريان ك (gate, ball, plug, needle, disc, diaphragm, butterfly)، وغالبا بيكون العنصر المتحكم في تسمية الصمام

2-الوظيفه (on-off, control, check, relief)

3-ظروف التشغيل (الضغط، السريان، الحرارة)

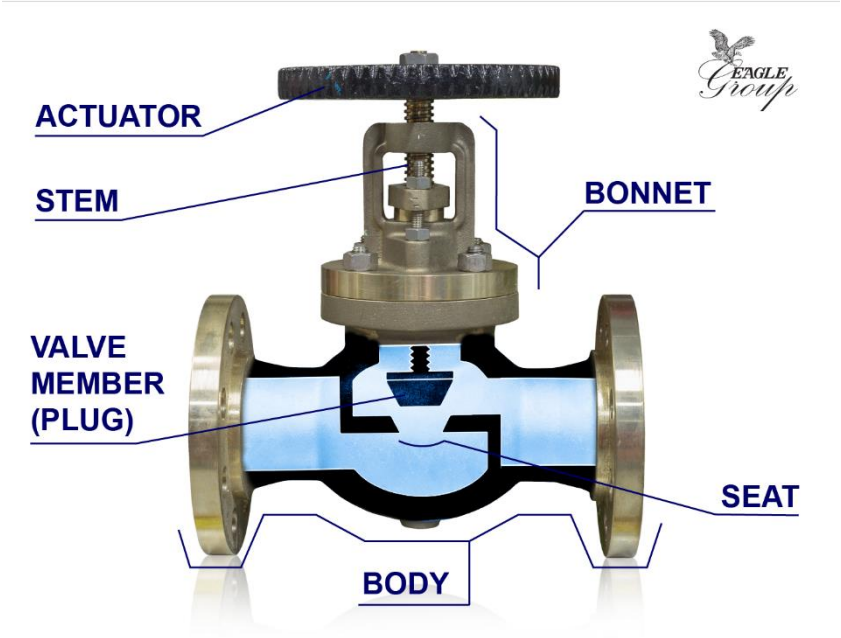
❖ تشترك جميع الصمامات فى الأجزاء الأساسية:
1- الbody: ويمثل الجزء الأكبر فى الصمام

2- الtrim: وتمثل الأجزاء الداخلية للصمام وتختلف من نوع لآخر

3- الbonnet: وهى غطاء لل body

4- الpacking: ودا عشان يمنع تسريب السائل أو الغاز للخارج

5- الactuator: المحرك ممكن يكون يدوى أو كهربى أو هيدروليكى أو بواسطة الهواء المضغوط.



❖ يوجد على جسم الصمام معلومات خاصة بيه مثل:-

W=low temperature water service*

O=low temperature oil service*

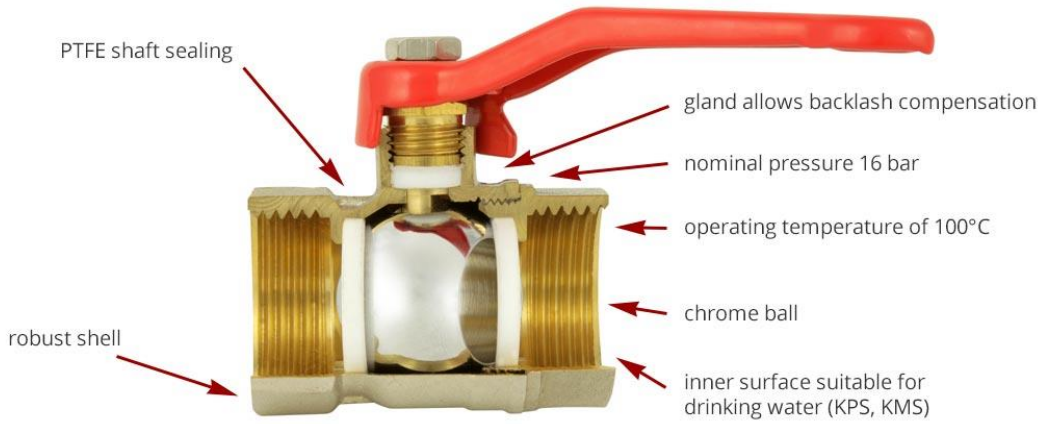
G=low temperature gas service*

Flow direction*

Valves types

1. BALL VALVE

- المميزات: متوفر بأحجام مختلفه، سهوله التحكم في الفتح والغلق، السماح ب التدفق الكامل وفي كلا الاتجاهين وبالتالي الانخفاض في الضغط ،
- العيوب: التأثر بدرجة الحرارة.



2. BUTTERFLY VALVE

- المميزات: * السطح اللي بيستقر عليه القرص، واللي بيعرف بسطح الجلوس، غير حاسم لأن فيه القرص بيأثر على بطانة رقيقة جداً وبالتالي سهولة تشغيل الصمام بأقل عزم دوران، * طريقة عمله بتسهل عملية ترتيب الأنابيب وأنها صمامات بسيطة واحجامها بتتراوح بين mm40 ل mm1000 وسهوله التحكم فيها برافعة مسننة أو بعجلة يدوية أو مشغل هوائي أو كهربي.

3. CHECK VALVE

- طريقة التشغيل: تتم بشكل اتوماتيكي
- أشهر الانواع:-

1- Swing Check Valves.
2- Piston Check Valves.
3- Ball Check Valves.
4- Titling Disc Check Valves.

DUAL DISC CHECK VALVE

SWING CHECK VALVE

LIFT /PISTON CHECK VALVE

BALL CHECK VALVE

SILENT CHECK VALVE

NOZZLE TYPE CHECK VALVE

WAFER CHECK VALVE

TILTING DISC CHECK VALVE

4. GLOBE VALVES Globe

- المميزات: بيتبع مسارات متغيرة
- النتيجه: انخفاض كبير للضغط وبالتالي بيكون مناسب كصمام خانق
- العيوب: سهوله التلف وممكن يسبب إتلاف الأنابيب

5. Stop Check Valves (SDNR)

- المميزات: القرص يعتمد في فتحه على ضغط البخار
- النتيجه: السريان في اتجاه واحد وبيشتغل كصمام فحص و صمام إيقاف.

6. GATE VALVES

- الاستخدام: التحكم في تشغيل او ايقاف التدفق بدل تنظيمه
- المميزات: بيتم تصنيعه بأحجام مختلفة على حسب الطلب
- الانواع:

-1 Knife Gate Valves:-

بستخدم في تطبيقات أعمال الأنابيب الكبيرة (mm50) وده لأنه على عكس صمامات البوابة التقليدية فهو له القدرة على الاختناق .

-2 Parallel Slide Gate Valves:-

يستخدم في تطبيقات البخار، لأنه بيقدر يعالج التمدد الحراري.

3- Pipeline Slab Gate Valves:-

ودي بتبقى البوابة بتاعتها متصممة على شكل ألواح، ومن استخداماتها الشائعة استخدامها على رؤوس الآبار، ومن مميزاتها أنها بتصنع بالكامل من المعدن.

7. PLUG VALVES

- الشكل وطريقة العمل: عبارة عن صمامات ذات "سدادات" أسطوانية أو مدببة مخروطياً، والتي يمكن تدويرها داخل جسم الصمام للتحكم في التدفق عبر الصمام
- المميزات: بسيط واقتصادي.

8. Pressure Relief valve

- المميزات: يتم تصميمها للاستجابه بشكل تلقائي لأي زيادة غير متوقعة في ال pressure وال liquid system ، وده بيبقى مصمم إنه يفتح عند ضغط معين بس، بيتم تحديده لضمان عدم

زياده الضغط عن الضغط المطلوب فيأثر على العملية أو ممكن يسبب تلف لل pipes و بيكون الفتح تدريجياً إذا كان الزيادة تدريجية.

- الاستخدام: يتم استخدمها على Pumps عند عمل bypass؛
- طريقه التحكم: يتم التحكم في ال valve عن طريق spring هو اللي بيحدد ال limiting pressure و من خلاله اقدر أضمن سلامة العملية.

9. Saftey valve

- المميزات يشبه كثيرا ال relief valve
- الاستخدام : يستخدم في ال gas system
- طريقة العمل: عند الحاجة الى working pressure معين فلو الضغط زاد عن الحد المطلوب بنسبة معينة بتفتح ال valve دي تلقائياً وتعمل ventilation للغاز دا
- ونقطة مهمة إنها لما بتفتح بتفتح كلياً وليس تدريجياً مثل Relief valve.

Control Valve

- التعريف: هو عبارة عن صِمام(valve) يتم استخدمه للتحكم في معدل سريان السائل أو الضغط عن طريق التغيير في فتحة الصِمام بواسطة إشارة من ما يسمى بال controller
- طريقه التشغيل : اتوماتيكي عن طريق دائرة التحكم أو ال control loop
- Control loop تتكون من:
  1. Sensor
  2. Transmitter
  3. Controller
  4. Actuator

❖ طريقة عمل ال:control loop

- بفترض أن فيه خزان وان السائل اللي بيدخل للخزان هيكون عند نقطه بتبعد ارتفاع معين عن الخزان يطلق عليها اسم ال set point
- لو حصل اي زيادة أو نقصان لمستوى السائل عن ال set point الجزء اللي بيلاحظ التغيير هو ال sensor
- وبعد الملاحظه ال transmitterبيقوم بنقل الإشارة من ال sensorلل controller ودوره أنه بيقارن الاشاره بالتغيير اللي حصل بال set pointوعلى أساسه بيتم تحديد مقدار الفتح أو الغلق ف ال valveوبعد التحديد يقوم ال actuatorبعمليه الفتح أو الغلق ومن أنواع الactuator

1- Pneumatic actuators:

يعتبر من أشهر الأنواع المتداولة واللي بيتم استخدامها،
بيتم استخدام هواء مضغوط الضغط على ال valve stem، وبالتالي التغلب على قوة ال spring المسئوله عن تحركه لأعلى؛ فيتحرك لأسفل ويقفل ال valve.

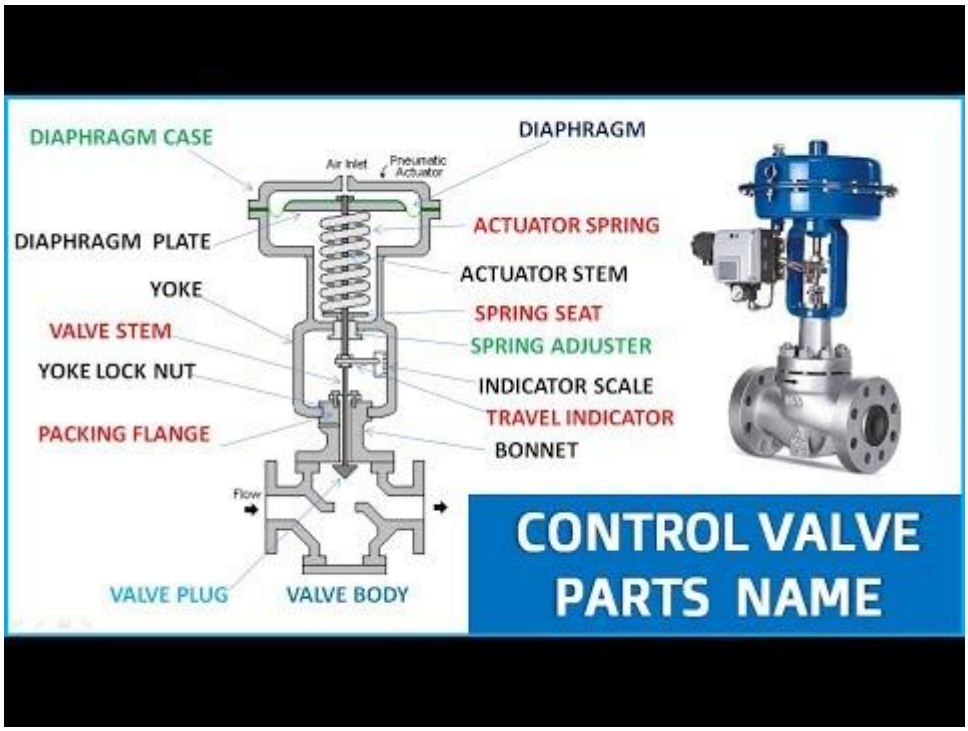
2- Electrical actuators

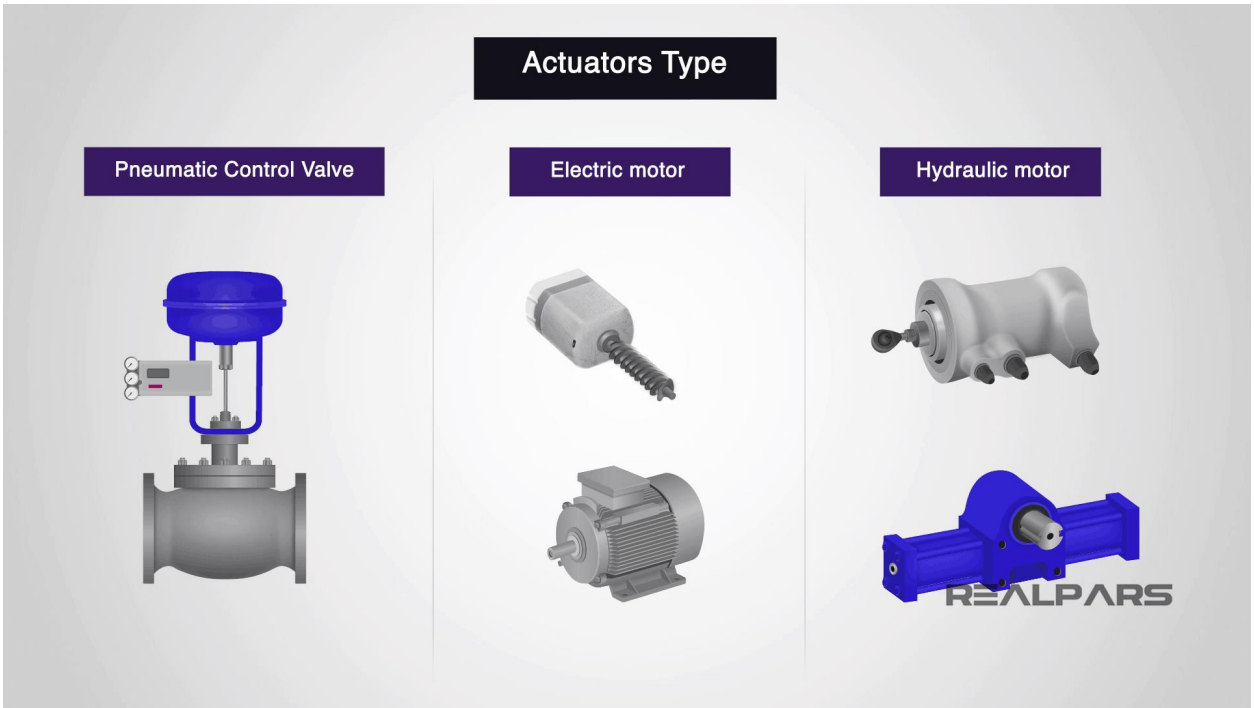
يوجد منه نوعين (motor - solenoid)
الmotor باين من اسمه عبارة عن ماتور شغال بكهربا بيتحكم في ال rotary actuators لقفل أو فتح الvalve

ال solenoid: عبارة عن مرور تيار كهربي فيsolenoid coil؛ فبتولد مجال بيتحكم في movable piston

3- Hydraulic actuators:

بيتم استخدام سائل مضغوط بدلاً من الهواء عشان يتم التحكم في فتح وقفل ال valve عن طريق piston بيتم تحريكه بواسطه السائل


DIAPHRAGM CASE
DIAPHRAGM
Air Inlet
Pneumatic Actuator
DIAPHRAGM PLATE
ACTUATOR SPRING
ACTUATOR STEM
YOKE
SPRING SEAT
VALVE STEM
SPRING ADJUSTER
YOKE LOCK NUT
INDICATOR SCALE
TRAVEL INDICATOR
PACKING FLANGE
BONNET
Flow
VALVE PLUG
VALVE BODY
CONTROL VALVE
PARTS NAME


Actuators Type
Pneumatic Control Valve
Electric motor
Hydraulic motor
REALPARS

.JT-Valve

- الفرق بين ال valve ده وأي valve تم ذكرها إنه بيتطلب شرطين:-

1) إن العملية تتم عند constant enthalpy

2) بالإضافة إن لازم يحصل عزل كويس للنظام وتكون العملية adiabatic.

- الاستخدام :يتم عمل Throttling للغاز عن طريق ال JT-valve
- النظريه أو أساس العمل :

في عام 1852 عالمين يطلق عليهم اسم (Joule & Thomson) قرروا إنهم يعملوا expansion لبعض الغازات في الفراغ مع ثبوت ال enthalpy ليها والغازات كانت (Hydrogen-Helium-Neon) والنتيجة إن درجة حرارة الغازات زادت .

ومع التجربة على غازات أخرى مثل الهوا أو ال steam، كانت النتيجه إن الغازات ماعدا التلاتة اللي تم ذكرهم بيحصلهم انخفاض كبير في درجة الحرارة (cooling) وممكن يتم استخدام الغاز في التبريد

وبالتالي عند ضغط الغاز ومن ثم حدوث rapid expansion بيأدي لحدوث انخفاض سريع ف درجة الحرارة وهذا ما يطلق عليه اسم Joule-Thomson Effect

وباستفاضة أكتر إن (H=E+PV) والعملية شرطها Constant enthalpy فباالتالي عند زيادة الشغل (PV) بالتالي هتقل الطاقة الداخلية للنظام وتنخفض درجة حرارة

- أشهر مثال ل Joule Thomson Valve :هي Vapor compression Refrigeration cycle

والذي فيها يتم عمل Throttling للغاز عن طريق ال JT-valve، ومن ثم Rapid expansion يؤدي لحدوث انخفاض كبير في درجة الحرارة.

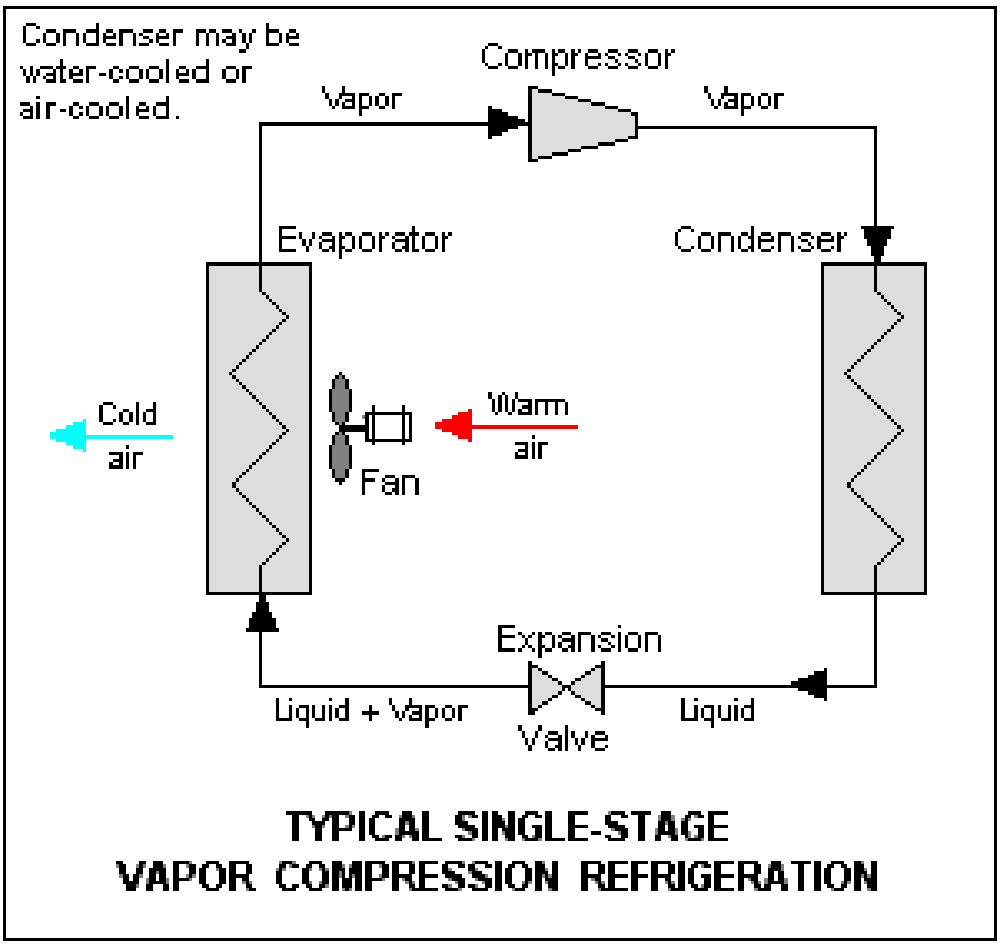
- Vapor compression Refrigeration cycle تتم بالخطوات التالية:

1) ال Refrigerant لزياده ضغطه بيتم استخدم positive displacement compressor

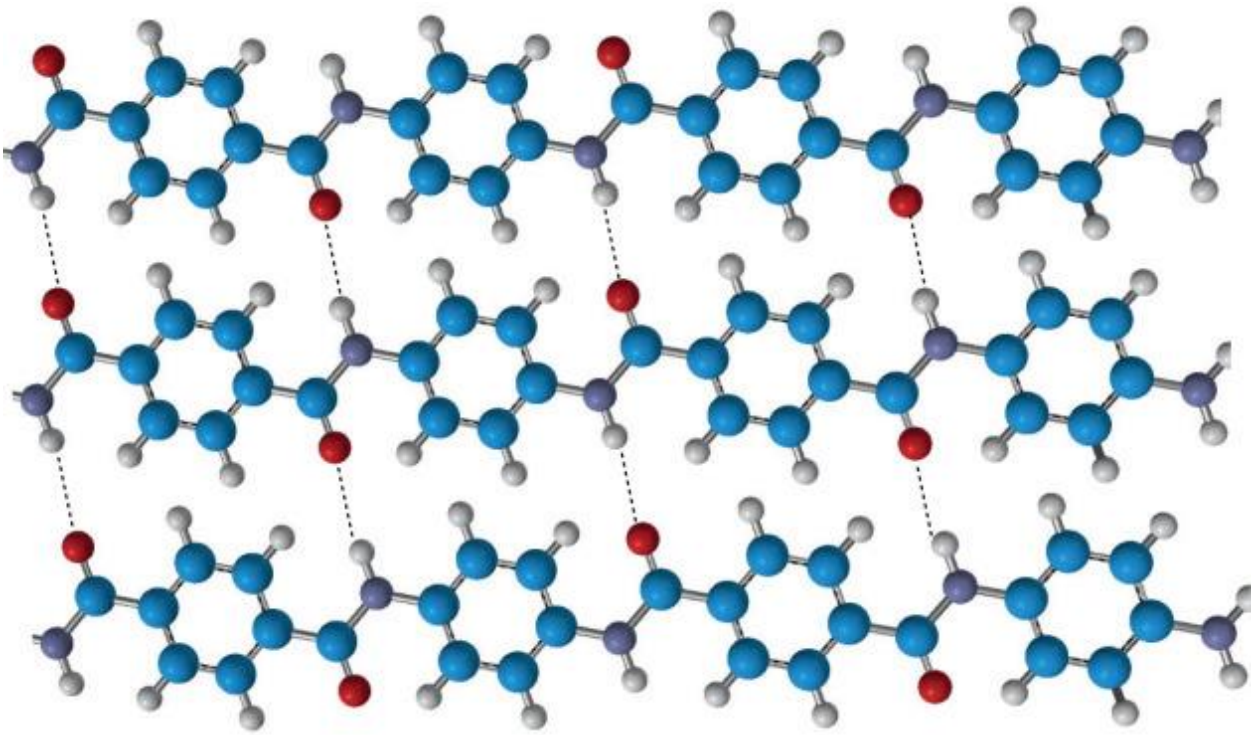
2) الغاز المضغوط بيروح بعد كدة على condenser لكي يتم تغيير ال phase ليه ويبقي liquid وبيتم تقليل درجة حرارته عشان يدخل ع ال JT VALVE

3) بيحصل throttling وبعدين Expansion ف ال JT VALVE ويأدي لانخفاض درجة حرارة درجة التبريد

4) الغاز بعد م وصل لدرجة التبريد المطلوبة بيتم استخدامه ف تبريد مواد تانية داخل Heat Exchanger (Evaporator)



Polymerization



Introduction and types of polymerization

- كثيرًا ما نسمع عن كلمة (بوليمر Polymer) والتي عكسها (مونيمر Monomer). المعنى الحرفي لهذه الكلمة هي (مُتعدّد الأجزاء) وهي مشتقة من كلمة يونانية من شقّين وهما (porus) و(meros) وترجمتها بالإنجليزية (many parts).

يوجد نوعين من البوليمرات:

1. البوليمرات الطبيعية: مثل الـcellulose وهو جزيء مكوّن من العديد من جزيئات الـglucose، وأيضًا البروتين والذي يعد أهم العناصر اللازمة للحياة والذي نجده مكوّنًا من العديد من الـ α $aminoacids$ المرتبطة بمجموعات الـamides.
2. البوليمرات الصناعية وهذا النوع سيكون محور حديثنا في السلسلة الآتية.

- عملية البلمرة أو polymerization هى عبارة عن ارتباط مجموعة من الجزيئات الصغيرة تسمى monomers مع بعضها البعض لتكوين جزيء كبير اسمه polymer، ويذكر التاريخ أن أول بوليمر تم تصنيعه كان عن طريق condensation reaction بين الـphenol والـformaldehyde.

وبالحديث في هذا السياق، يمكننا تقسيم أنواع تفاعلات عملية البلمرة إلى عدة أنواع، سنتناول منها نوعين في هذا المقال:

Addition Polymerization: وهذا النوع من التفاعل يتطلّب سلسلة من تفاعلات الإضافة، بحيث تتم إضافة جزيئين سويًا ثم إضافة الثالث لهما وهكذا حتى يتم تشكيل البوليمر. الجدير بالذكر أن هذا النوع من التفاعلات يتم مع الـmonomers التي لديها وزن جزيئي صغير مثل الـolefins (كالـethylene والـstyrene) والـdiolefins (كالـbutadiene والـisoprene).

Condensation Reaction: وهذا النوع من التفاعل قد يتم بين الـmonomers المتشابهة كما هو الحال مع الـaddition polymerization، أو مع الـmonomers المختلفة. والجدير بالذكر حول هذا النوع هو تكوّن ناتج جانبي من التفاعل، فمثلا تفاعل الإستر يُنتج جزيء ماء.

بعد الحديث عن أنواع تفاعلات البلمرة، دعونا نتطرّق للطرق التي تتم بها عملية البلمرة (polymerization techniques):

Bulk Polymerization: في هذه الحالة لا يكون لدينا solvent من أجل المساعدة في حدوث عملية البلمرة، لذلك تكون البوليمرات أكثر نقاوة من العملية التالية، ولكن في المقابل فإن هذه العملة تتطلب ظروف تفاعل أكثر صعوبة في التحكم بها كالحرارة واللزوجة، ولذلك يتم تقليل نسبة الـconversion وزيادة التقليب بين الـmonomers.

Solution Polymerization: في هذه الحالة يتم إضافة organic solvent إلى الـmonomers مما يساعد على التحكم في ظروف التفاعل بطريقة أسهل من العملية السابقة، وأحيانًا لا نضطر لإزالة الـsolvent من البوليمر الناتج وذلك في بعض التطبيقات (استخدام البوليمر في الـcoatings أو الـadhesives

Emulsion Polymerization: في هذا النوع تكون البوليمرات المُنتَجة على هيئة مستحلبات مثل الدهانات، ويتم استخدام هذا النوع من التفاعلات مع الـmonomers التي لا تذوب في الماء، كما هو الحال في انتاج الـpolystyrene والـPVC. تتم إضافة emulsifier حتى يتم تسهيل حدوث العملية.

Suspension Polymerization: من خلال هذه الطريقة تتم إذابة الـmonomers في سائل معين مثل الماء، ومع التقليب يتم تكوين البوليمر، لكن في هذه الحالة يمكن ان ترتبط الـmonomers ببعض ليحدث settling ولذلك يتم إضافة مواد كيميائية لمنع حدوث هذا الارتباط، وتُسمى هذه المواد بالـstabilizers وأقرب مثال لها هو الـtalc or polyvinyl alcohol وبعد التقليب ووضع الـstabilizer يتكون البوليمر على هيئة حبوب (granular form).

الجدير بالذكر انه هناك فرق بين هذا النوع وبين الـsolution polymerization، فالاختلاف الأول هو ان الـsuspension polymerization يُنتج بوليمرات أكثر نقاوة من الـ solution polymerization، وكذلك يمكن التحكم بشكل أسهل في لزوجة وحرارة الـ solution polymerization عن الـsuspension polymerization.

Interfacial Polymerization: هذه الطريقة تُستخدم في انتاج الـpolyamides، الـpolyesters والـpolycarbonates، وتتم هذه الطريقة بوجود interface بين two immiscible liquids ويتم سحب البوليمر المتكون من الـinterface نفسها.

نرجو ملاحظة أنه هناك أنواع عدّة ولكننا قمنا بذكر أشهرهم. دعونا الآن نتطرّق لأنواع البوليمرات التي يمكن الحصول عليها:

يمكن تصنيف البوليمرات بناء على نوع التفاعل المُستخدم لإنتاجها سواء addition أو condensation.

يمكن تصنيفهم بناء على نوع الـmonomer المُستخدم وشكل الترابط بين الجزيئات (alternating – random – block).

يمكن تصنيفهم بناء على نوع الـtechnique المُستخدم، كما ذكرنا مُسبقًا.

وطالما تطرقنا لتقسيم أنواع البوليمرات، فجدير بالذكر أنه هناك 3 أنواع رئيسية ومُستخدمة عالميًا بناء على استخدام البوليمرات وهم:

1. Plastics
2. Elastomers
3. Synthetic Rubber

وفيما يتعلق بالـplastics، فهي مُقسّمة إلى نوعين مألوفين كثيرًا لمعظم العاملين بمجال البتروكيماويات وهم:

Thermoplastics: والمعروف عنهم أن تطبيق الحرارة عليهم يُكسبهم مرونة ويُعرضهم لاستطالة مثل الـpolyethylene والـpolypropylene.

Thermosetting: والمعروف عنهم قوتهم واحتمالهم للحرارة دون تغيير في مرونتهم، والسبب في ذلك هو الـcrosslinking بين جزيئات الـmonomers.

ABS

- سنتحدث في هذا المقال عن واحد من أهم المواد البتروكيماوية ألا وهو الـ Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) ورمزه C_8H_8-C_4H_6-C_3H_3N، وذلك يمكن تقسيم هذا المركب لثلاثة مركبات فرعية.

- أولًا Acrylonitrile (C_3H_3N):وهو عبارة عن monomer ينتج من تفاعل البروبيلين والأمونيا، وهذا المونمر يضيف لخصائص الـABS من حيث مقاومة المواد الكيميائية وزيادة الـheat stability.

- ثانيًا Butadiene (C_4H_6):وينشأ هذا المركب كمنتج جانبي من عملية إنتاج الإيثيلين بواسطة الـsteam cracking، ويعمل هذا المركب على زيادة الـimpact strength (قدرة المادة على تحمُّل الأحمال المفاجئة).

- ثالثًا Styrene (C_8H_8): ويينتج من عملية الـdehydrogenation للـethyl benzene، ويعمل على زيادة الـrigidity.

- وعن طريق عملية الـemulsion polymerization بين هذه المواد يتم انتاج الـABS

- وفيما يلي أهم خصائصه:
  1) مقاوم للمواد الكيميائية مثل الأحماض والقلويات المُخفّفة، وللـoil والـgreases، لكن مقاومته للـaromatics ضعيفة.
  2) الـstrength متوسط ويمكن تعديله حسب الحاجة.
  3) الـtensile strength (القدرة على تحمل جهد الشد) والـimpact strength (جهد الضغط) مرتفيعن.
  4) لا تتغير خصائصه بتغير درجة الحرارة.
  5) لديه dimensional stability مرتفعة، ولأنه thermoplastic فعند تسخينه حتى الـmelting point وتبريده مُجدّدًا يعود لأبعاده الطبيعية.
  6) سعره رخيص ومتوفر.

- أهم مميزاته:
  1) يجمع بين الـstrength والـrigidity لكل من الـacrylonitrile والـstyrene بوليمر، بالإضافة للـtoughness الخاصة بالـpolybutadiene.
  2) مقاوم للمواد الكيميائية ولا يتحلّل نتيجة الروابط الكيميائية القوية، وهذا أيضًا يُكسبه thermal stability عالية.
  3) نتيجة أنه amorphous solid فليس لديه melting point مُحدّدة وبالتالي يمكن تصنيع عدد من المنتجات الآخرى منه.

- أكبر مخاطره: قابل للإشتعال عند وجود شعلة وعند درجات الحرارة العالية، ويُنتج CO وهيدروجين سيانيد وكلاهما مواد سامة.

❖ أهم استخداماته:

1) المُعدّات الإلكترونية والكهربائية
2) في وسائل النقل والسيارات
3) الأنابيب والتركيبات (elbows)
4) حزام الأمان
5) الـplastic sheets

PVC

- سنتحدث الآن عن مادة الـPolyvinyl Chloride (C_2H_3Cl) أو الشهيرة بالـPVC. والمادة الخام المُستخدمة في انتاجه هي الـVinyl Chloride Monomer والشهيرة بالـVCM.

- دعونا نوضّح أهم طرق تحويل الـVCM إلى PVC، وهم ثلاث طرق: suspension، emulsion وbulk polymerization. ولكن الجدير بالذكر أن حوالي 80% من إنتاج الـPVC يتم بطريقة الـsuspension polymerization وذلك بالطريقة الآتية: يتم ضغط وإسالة الـVCM ودفعه إلى الـpolymerization reactor، ومن ثم إضافة initiator وعند درجة حرارة تتراوح بين 40 – 60 درجة سليزية يبدأ الـPVC بالتكوّن ويكون على هيئة جيسمات صغيرة ويبدأ حجمها بالكِبر إلى أن تصل للحجم المطلوب، على أن يُعاد تدوير الجسيمات التي لم تصل للحجم المطلوب. ويكون الـPVC المطابق للمواصفات على هيئة بودرة بيضاء بعد أن يتم تنشيفها.

- هناك نوعين من الـPVC:
  1) الـRigid Polyvinyl Chloride (RPVC)
  2) الـPlasticized PVC: وهذا ليّن أكثر ويُستخدم في أسلاك الكهرباء.

- أهم خواص الـPVC:
  1) الكثافة العالية مقارنة بباقي أنواع البلاستيك (Sp.Gr = 1.4)
  2) الـhardness لدى الـRPVC عالية جدًا، مع ملاحظة أيضًا أن الـ tensile strength الخاص به عالي.
  3) الـPVC عمومًا تُصنّف كـthermoplastic material أي أنها تستجيب للحرارة، فعند الـmelting point والتي تتراوح بين 100 – 260 درجة سليزية تتحول إلى liquid وعند تبريدها تعود للـsolid phase بدون حدوث degradation.

- مميزات الـPVC:
  1) رخيص وإنتاجه متاح بوفره في العالم.
  2) كثافته عالية والـstrength الخا به عالي لذلك يقاوم الـdeformation بشكل جيد مقارنة بباقي أنواع البلاستيك.
  3) لديه tensile strength عالي.
  4) مُقاوم للمواد الكيميائية والقلويات.

❖ عيوب الـPVC:

1) الـheat stability الخاصة به ضعيفة جدًا ولذلك يتم إضافة بعض المواد لمعالجة هذا الأمر (سنذكرها بعض لحظات).
2) يقوم ببعث أدخنة سامة حينما يتعرض لدرجة حرارة عالية.

❖ المواد المضافة للـPVC:

1) الـantioxidants، وذلك لتوفير فترة استخدام المنتج ضد الأكسجين والحرارة.
2) الـcompatibilizers، وذلك لتوفير خاصية إعادة الاستخدام.
3) الـflame retardants، وذلك لتقليل الـflammability للبلاستيك.
4) الـimpact modifiers، وذلك لتقليل تأثير الصدمات على المنتجات.

❖ استخدامات الـPVC:

1) أنابيب المياه
2) التغليف
3) الأسلاك والكابلات

Poly Ethylene

❖ سنتحدث الآن عن واحد من أكثر المواد البتروكيماوية استخدامًا في العالم وهو البولي إيثيلين (Poly Ethylene). في الحياة اليومية نقابل البولي ايثيلين بشكل أكبر مما نظن، فآخر احصائية تمت بخصوص البولي ايثيلين كانت في 2018 وأوضحت أن الانتاجية السنوية من هذا البوليمر تعدّت الـ120 مليون طن، وهو يشكل تقريبًا 40% من إنتاج البلاستيك في العالم.

❖ وهذه هي أكثر الصور التي نرى البولي ايثيلين بها:

- الأكياس البلاستيكية
- زجاجات المياه
- أفلام التصوير
- حاويات الطعام
- غلاف الأسلاك الكهربائية

❖ تفاعل تكوين البولي ايثيلين هو عبارة عن تفاعل طارد للحرارة (exothermic reaction) بيتم عن طريق أحد أنواع عملية البلمرة تُسمّى Coordination Polymerization، والذي يُعد نوعًا مشهورًا جدًا في تكوين البوليمرات مثل الـpolyethylene، الـpolypropylene والـpolybutadiene. من الممكن أيضًا أن يتم انتاج البولي ايثيلين عن طريق الـfree-radical reactions ولكن ببعض الشروط والقيود الآخرى.

❖ يتم التفاعل باستخدام catalyst يُسمّى Ziegler-Natta Catalyst والذي يتكون من titanium III chloride، ويُعد أشهر عامل حفّاز في العالم في تكوين البولي إيثيلين.

لكن دعونا نوضّح أولا كيف نحصل على الإيثيلين. هناك طريقتين شهيرتين:

1) Dehydration of Ethanol
2) الحصول على الإيثان من الغاز الطبيعي ومن ثم عمل Dehydrogenation له

وعلى كل حال يجب أن تؤخذ نسبة الشوائب في الاعتبار أثناء الصناعة، حيث يجب ألا تزيد عن 5 ppm.

والآن لنقم بتوضيح أنواع البولي إيثيلين:

- Ultra-High-Molecular-Weight Polyethylene (UHMWPE): وكما يتضّح من اسمه فوزنه عالي جدًا حيث يصل لملايين الوحدات الذرية، كما يتميّز بصلابة عالية جدًا مما يُصعّب التعامل معه حينما يتعلق الأمر بالتغليف وغيره من هذا القبيل. يجب الأخذ في الاعتبار أن شدة صلابته تتيح استخدامه في بعض الأجزاء الميكانيكية للآلات، كما يستخدم في تصنيع الملابس الواقية ضد الرصاص.

- High-Density Polyethylene (HDPE): ويمتاز هذا النوع بكثافته العالية التي تصل إلى 0.942 جم/سم^3، ويتم انتاجه باستخدام أنواع كثيرة من العوامل الحفازة أشهرهم Ziegler-Natta Catalyst ويكون التفاعل من نوع الـfree-radical. هذا النوع نجده في أشياء كثيرة جدًا مثل أنابيب المياه والـmilk jugs والجرادل وحاويات القمامة، وأكثر من 35% من ألعاب الأطفال.

- Medium-Density Polyethylene (MDPE): كثافتة أقل بقليل من النوع السابق حيث تتراوح من 0.926 إلى 0.940 جم/سم^3 ويتم إنتاجه بنفس نوع الـcatalyst. نجد هذا النوع قابل للتشكيل أكثر من الـHDPE وأيضًا لديه stress-cracking resistance أكبر. نجد هذا النوع في أنابيب الغاز في البيوت وأيضًا الـfittings مثل الـelbows والـtress.

- Low-Density Polyethylene (LDPE): كثافته تتراوح بين 0.910 إلى 0.939 جم/سم^3، ويكون لديه الكثير من الـbranches التي تؤدي لصِغر الـtensile strength وزيادة الـductility. يتم إنتاج هذا النوع من خلال الـfree-radical polymerization لكن بدون وجود catalyst وهذا ما يؤدي لحدوث الـbranching. نجد هذا النوع كثيرًا في الأكياس البلاستيكية والتغليف وبعض أجزاء الكمبيوتر المصنوعة من البلاستيك وزجاجات الماء.

- Linear Low-Density Polyethylene (LLDPE): كثافته من 0.910 إلى 0.926 جم/سم^3 ويحتوي على أعداد صغيرة من الـbranches. لدى هذا النوع tensile strength أعلى من الـLDPE كما أنه أفضل من حيث الـstress-cracking resistance. نجد هذا النوع يُستخدم في الـsheets الخاصة بالتغليف وفي الأكياس، ويتم استخدامه بشكل أساسي في صناعة أفلام التصوير بكافة أنواعها.

❖ يُرجى أيضـًا ملاحظة أن البولي إيثيلين لديه أنواع متعددة لم نتطرق سوى لأهمها، فمن بقية الأنواع:

1) Cross-Linked Polyethylene (PEX or XLPE)
2) Very-Low-Density Polyethylene (VLDPE)

ونحيطكم علمًا أيضـًا بأن أكبر شركة منتجة للبولي إيثيلين في مصر هي شركة إيثيدكو وإنتاجها حوالي 400 ألف طن سنويـًا، ويليها شركة سيدبك وإنتاجها يصل إلى 225 ألف طن سنويـًا، وتقع كلتا الشركتين بمحافظة الإسكندرية.

Plastic healthy grades

- قبل قيامك بشراء قارورة ماء أو launch box أو أي حاوية بلاستيكية لطعام أو شراب ماء، عليك أولا بالنظر للرقم الموجود على الحاوية والذي يكون بداخل ثلاثة أسهم على هيئة مثلث. أشهر الأرقام تتراوح من 1 إلى 7، والآن دعونا نوضّح الأنواع التي يمكن استخدامها في احتواء الطعام والشراب والأنواع التي لا يمكننا ذلك حتى لا نتسبب بإعياء أنفسنا.

- رقم 1 (Polyethylene Terephthalate or PETE): أحيانا يُكتب أيضًا (PET) أو (PEE)، وهذا النوع يتم استخدامه في صناعة الملابس وعبوات الطعام والـwater jugs "زمزية الماء" والزجاجات العادية. يتم انتاج هذا البوليمر في مصر عن طريق شركة العين السحنة EIPET وذلك من خلال polycondensation reaction بين الإيثيلين جليكوا وحمض الـterephthalate.

- رقم 2 (High Density Polyethylene or HDPE) ورقم 4 (Low Density Polyethylene LDPE): يتم استخدام كلاهما في تصنيع حاويات الطعام وصناعة الـTurbo (حاوية حفظ الثوم والبصل الموجودة بمعظم البيوت)، ويُصنع منه أيضًا الـ"شاليموه" وأغطية الزجاجات.

- رقم 3 (Polyvinyl Chloride or PVC): يتم استخدامه في تصنيع أدوات السباكة على اختلاف أشكالها وأنواعها وكذلك تغليف أسلاك الكهرباء.

- رقم 5 (Polypropylene or PP): يتم تصنيعه عن طريق بلمرة البروبلين والذي يتم انتاجه من البروبان، كما هو الحال مع شركة EPPC التي تقوم بانتاج البولي بروبلين عن طريق البروبان المُنتج من شركة UGDC. أكثر استخدامات الـPP تكون في أغطية الزجاجات والملابس، مع ملاحظة ان استخداماته شبيهة باستخدامات البولي ايثيلين.

- رقم 6 (Polystyrene or PS): يتم استخدامه في تصنيع عُلب الزبادي وأيضًا الفوم الأبيض الذي يكون على هيئة كرات صغيرة، وأطباق الفِل البيضاء المُخصّصة للأكل.

- رقم 7 (Other): وهذا يوضّح أن هناك أنواع آخرى من البوليميرز التي يُصنع منها البلاستيك مثل (ABS) و(SAN).

- والآن لنتطرّق للنقطة الهامة فيما يتعلق بصحّتنا، فكما يُلاحظ بعضنا أن هناك أنواع من أكواب البلاستيك التي يُقال أنها غير مخصصة للشرب. فرقم (2، 4 و5) يمكن استخدامهم في الطعام والشراب لأكثر من مرة، أما رقم (1) يُفضّل استخدامه لمرة واحدة فقط.

- أيضـًا رقم (7) يُفضل تجنبه نهائيـًا في لاحتواء الطعام والشراب لأنه أحيانًا يحتوى موادًا مسرطنة، ورقم (3) أيضـًا يكون ضارًا إن تم استخدامه لفترة طويلة، ورقم (6) ضار وغير آمن على الرغم من استخدامه في تصنيع علب البرجر وأكواب الشاي الفليبينية.

- نرجو ملاحظة أن هذا المقال هام جدًا لأن الكثير يتعامل مع الحاويات البلاستيكية للطعام والشراب دون النظر إلى الـgrade الخاص بها، ولذلك يجب أن نضع هذا الموضوع في اعتبارنا ونُخبر من استطعنا اخباره به.

Drilling Muds

Drilling fluids

حينما كنا نقوم بحفر حفرة صغيرة على شاطئ البحر ونحن صغارًا، كنا نضع مياه على جوانب الحفرة لضمان عدم انهيارها.

- في مجال حفر الآبار، هناك سؤال دائمًا ما يطرح نفسه وهو كيف تحافظ الآبار العميقة على الـhydrostatic pressure الخاص بها؟ سؤال آخر أيضًا وهو كيف لنا أن نسمح بتساقط تلك الشوائب من صخور وماء من البئر على النفط؟ والإجابة على هذه التساؤلات يتمثل في استخدامنا للـ"Drilling Muds"، والتي تُسمّى أيضًا "Drilling Fluids". والآن دعونا نتطرَق للـmud من وجهة نظر الهندسة الكيميائية وليس هندسة الحفر.

- مبدأيًا دعونا نجيب على سؤال "لما نستخدم الطين mud"؟ كما ذكرنا من أجل الحفاظ على الـhydrostatic pressure، وأيضًا من أجل التبريد والتزييت في جزء رأس الحفّارة، وبعض الأغراض الأخرى.

- **أنواع الـdrilling mud، هناك ثلاثة أنواع رئيسية:**
  1) Water-Based Muds (WBs)
  2) Oil-Based Muds (OBs)
  3) Gaseous Drilling Muds

- الأشهر في الاستخدام هو الـoil-based muds، وذلك لإمكانية استخدامه في درجات الحرارة المرتفعة وأيضًا في الطبقات الحساسة أثناء استخراج الماء، وأيضًا يمكن استخدام خليط بين الـWbs والـOBs.

- كلمة based في الأنواع الثلاثة تدل على المادة الأساسية التي تمثل (مفرش) لوضع بعض العناصر الأخرى عليه. تلك العناصر الأخرى (الـadditives) يتم إضافتها على حسب عمق البئر، أي كلما زاد عمق البئر كلما زادت كمية الـadditives المطلوبة.

- أهم الإضافات هي:
  1) Weighting Materials: تلك المواد تُستخدم لمعايرة كثافة السائل وعلى أساسها يتم حساب الـhydrostatic pressure (P = rgh) لتجنّب تغيُّرات الضغط المفاجئة، بالإضافة لمنع حدوث أي blowouts ومنع أي تسريب للـfluid ما بين الطبقات. من

أشهر المواد المُستخدمة هو كبريتات الباريوم (Barite)، ولأن أغلب المواد المستخدمة تكون corrosive يُفضّل استخدام inhibitor.

2) Fluid Loss Additives: يتم إضافة تلك المواد للحفاظ على الـfluids في البئر دون أي فقد في كميتها. في الغالب تكون تلك المواد عبارة عن بوليمرات، وأشهر المواد المُستخدمة هي الـbentonite.

3) Thinners & Dispersants: تتم إضافتهم لمنع تكتُّل الطين (تجمُّعه على هيئة كتلة واحدة)، وذلك لمنع مواجهة صعوبة في ضخ الـmud للبئر. من أمثلة تلك المواد هي البوليمرات الصناعية كالبولي ستيرين grade 6.

4) Bactericides: يتم إضافة تلك المواد لمنع نمو البكتريا التي تُسبّب corrosion أو تسد المسام. من أمثلة تلك المواد هيدروكسيد الصوديوم.

5) PH controllers: يتم إضافة تلك المواد لمنع الـcorrosion ومنع حدوث أي تفاعل بين الـmud والمعادن الموجودة بالبئر.

6) Emulsifiers: وهذه تمثل بعض أنواع الـsurfactants.

7) Scale Inhibitors: يتم إضافتها لمنع تكوّن أملاح الكالسيوم غير الذائبة التي تسبُّب تلامس بين الـmud والـfluid.

يتم إضافة أيضـًا كمية من الأحماض سواء المعدنية أو العضوية لإذابة مواد الكربون الموجودة بالبئر، مع ملاحظة أن الأحماض العضوية تسبب corrosion أقل من الأحماض المعدنية.

Mud pump

- الـmud يجب أن يصل لآخر نقطة في عملية الحفر (رأس الحفَارة) ويعود للأعلى مُجدّدًا حاملا الـcuttings (الرايش أو فتات البئر). الوسيلة الأنسب لتحقيق هذه العملية هي الـmud pump.

- من المعروف أن الـmud يُستخدم لمعايرة الـhydrostatic pressure في الـreservoir وبالتالي نجد أن الـpumping rate يختلف من فترة لأخرى، فمثلا نجد أن نسبة الـmud أثناء الحفر العادي تختلف في أوقات وجود مشكلة ما.

- الـmud pump بكل بساطة عبارة عن reciprocating pump كبيرة في الحجم تُستخدم في تدفيع الـfluid لأسفل البئر بضغط عالي حتى يقوم بالوظائف التي قمنا بذكرها سابقًا.

- **هناك نوعين من المضخات مُستخدَمين:**
  1) Duplex Pump: هذا النوع يعتمد على مبدأ الـdouble act حيث يُستخدم 2 pistons للقيام بوظائف عمل مختلفة حيث يتم دفع السائل في شوطي التحرُّك (forward and backward stroke).

  2) Triplex Pump: وهنا نجد انه يتم استخدام 3 pistons لكن بمبدأ الـsingle act حيث يتم التدفيع فقط في حالة الـforward stroke، ويُعد هذا النوع هو السائد في شركات الحفر.

- لأن الـpumping rate يختلف من فترة لأخرى ودائمًا ما يتغير الـflow rate، يتم استخدام surge chamber وهي عبارة عن كرة مطّاطية تحتوى غاز النيتروجين للحفاظ على انسيابية الـflow وتجنب المشاكل الناتجة عن التغيير المستمر.

- **الـmud pump شأنها شأن أي pump حيث تتكوّن من ثلاثة أجزاء وهم:**
  1) Hydraulic Part
  2) Mechanical Part
  3) Electrical Part

- الـmud حينما يرتفع مُجدّدا بعد نزوله يكون حاملًا للرائيش وللكثير من الـimpurities، ولذلك يجب إعادة تهيئته مرة أخرة كما هو الحال مع الـcatalyst في عملية الـregeneration. تتم هذه العملية باكثر من طريقة:

1) Shale Shaker: هذا ببساطة عبارة عن منخُل (غربال) يقوم بنخل الـmud كله ويخلصه من الرواسب وأي شوائب صلبة وأيضًا أجزاء من الصخور والتي تُساعد في تحليل طبقة الأرض التي تم الوصول إليها عن طريق جيولوجي الموقع.
2) Desander: بطريقة الفصل المركزي يتم فصل الرمال عن الـdrilling mud وتنقيته أكثر.
3) Degaser: بطريقة الفصل المُركّز يتم فصل الغازات التي صعدت مع الـcuttings، وبذلك نستطيع إعادة الـfluid لحاله الطبيعي لتدفيعه مرة أُخرى.

Water treatment

Introduction and water characteristics

- تعتبر المياه عنصر أساسي للحياة وأيضًا للصناعة، حيث أنها تُستخدَم للتبريد بسبب كِبر الـspecific heat خاصتها والتي تدل على كمية الحرارة التي تستطيع المياه امتصاصها لتغيير درجة حرارتها درجة مئوية واحدة.
- هناك مصدرين للمياه يتم استخدامهم في الصناعة بشكل كبير:
  1. Surface Water
  2. Ground Water

- أهم خصائص الـsurface water:
  1. تركيز الـdissolved solids قليل
  2. تركيز الـsuspended solids عالي
  3. جودتها تعتمد بشكل كبير على الطقس

- أهم خصائص الـground water:
  1. تركيز الـdissolved solids عالي
  2. تركيز الـsuspended solids قليل
  3. تريكز الـiron والـmanganese عالي
  4. تركيز الأكسجين قليل
  5. جودتها ثابتة لا تتغيّر حسب الطقس

- والآن لنتطرّق لأهم الخواص الكيميائية للمياه، حيث سنسلّط الضوء على أربعة خواص وهي:
  1. Conductivity
  2. Hardness
  3. pH Value
  4. Alkalinity

أولا الـconductivity: تعبّر عن كمية الـdissolved solids الموجودة بالمياه وتُقاس بالـ micro Siemens. المياه النقيّة التي لا يوجد بها أي minerals تكون غير موصّلة للكهرباء، وبزيادة كمية الـminerals أو الـdissolved solids تزداد الـconductivity.

ثانيًا الـhardness: تعبّر عن تركيز أيونات الكالسيوم والماغنسيوم في المياه، وهذه المواد تترسّب بارتفاع درجة الحرارة (عكس باقي الأملاح) وتكوّن scale.

ثالثًا الـpH value: تعبّر عن مدى حامضية وقاعدية المياه، حيث تتراوح بين 7:1 للحامضي، و14:7 للقاعدي.

رابعًا الـalkalinity: تعبّر عن تركيز الـcarbonate والـbicarbonate الموجودة في المياه.

---

industrial water treatment systems

- سنتحدّث الآن عن الـindustrial water treatment system، وهو عبارة عن نظام مُستخدَم لمعالجة المياه من أجل استخدامها في غرض معين كالـboiling أو الـcooling، وأيضًا من أجل التخلّص منها؛ التخلّص من المياه يجب أن يتم وفق شروط بيئيّة معينة.

- هناك أنظمة كثيرة للمعالجة، يتم الاختيار منهم طبقًا لكمية الـcontaminants الموجودة والمُراد إزالتها. هناك أربعة أنظمة مشهورة وهي:
  1. Raw Water Treatment Systems
  2. Boiler Feed Water Treatment Systems
  3. Cooling Tower Water Treatment Systems
  4. Wastewater Treatment Systems

- **سنبدأ حديثنا بالـRaw Water Treatment Systems:**

- الـraw water هي المياه الموجودة في الطبيعة مثل المياه الجوفية ومياه الأمطار والأنهار، وتتغيّر خصائصها بشكل كبير استجابة للعوامل البيئية المختلفة. يُستخدَم هذا النظام في عملية الـpre-treatment وغالبًا ما يكون هدفه حماية المعدّات من الـcorrosion والـfouling والـscaling ويمكنه أيضًا إزالة الـsuspended solids، الـcolloidal solids، الـ silica/colloidal silica، الـiron، الـbacteria والـhardness.

- كيف يعمل هذا النظام؟

الخطوة الأولى تتم من خلال سحب المياه عن طريق pumps ومرورها على mesh screen لمنع مرور الأجسام الكبيرة.

الخطوة الثانية هي عبارة عن clarification ومن خلالها يتم إزالة الـsuspended solids. يتم إضافة مادة كيميائية (coagulant) ليحدث flocculation بحيث تتجمع الـsuspended solids مع بعضها لتكوّن أجسام أكبر وتنفصل بسرعة أكبر ليحدث sedimentation في نهاية المطاف.

الخطوة الثالثة هي disinfection وتتم في حالة وجود biological contaminants من خلال إضافى مادة معينة مثل الـchlorine.

الخطوة الرابعة هي lime softening ومن خلالها يتم تقليل الـhardness عن طريق إزالة بعض الـminerals الموجودة في المياه، ثم يتم ضخ المياه للـdownstream processes.

❖ أكبر مشاكل تواجه أنظمة الـraw water treatment هي:

1. Variable Turbidity Levels
2. Variable Flo Rates
3. Changing Feed Chemistry
4. Changing Quality Requirements
5. Secondary Waste

وأغلب هذه المشاكل يكون سببها هو التقلُّبات الموسمية، وبالتالي فالمياه القادمة من الآبار أو الأنهار أو الأبحار تتغيّر خصائها الكيميائية والفيزيائية مما يؤدّي لتغيّر تركيزات الـcontaminants.

❖ **والآن لنتحدّث عن الـBoiler Feed Water Treatment Systems**

❖ والذي يُستخدَم لإزالة الـdissolved solids، الـsuspended solids، الـ organic material، الـhardness، والـdissolved gases. يُستخدم هذا النظام من أجل حماية الـboiler والـpiping من الـscaling، الـcorrosion والـfouling.

❖ كيف يعمل هذا النظام؟

سنذكر الأن خطوات العمل ولكن يجب التوضيح أن هذا النظام لا يعمل فقط على إزالة الـimpurities بل أيضًا من أجل التحكُّم في الـacidity والـconductivity.

الخطوة الأولى هي makeup water intake وهذه عبارة عن مياه مُعالجة من قبل، ويتم إدخالها للـboiler من أجل تعويض النقص الناتج عن التبخير.

الخطوة الثانية هي filtration، وفيها تمر المياه على هذه الوحدة من أجل إزالة الـsediments، الـturbidity والـorganic material.

الخطوة الثالثة هي softening وعادة يتم استخدام ion exchange unit خلالها، والتي يتم استخدام خلالها strong acid cation resin به أيونات الصوديوم التي تتبادل مع أيونات الكالسيوم والماغنيسيوم، وبعد فترة زمنية معينة يتم عمل regeneration للـresin.

الخطوة الرابعة هي dealkalization ويتم عملها من أجل منع الـfoaming والـcarry over ويُستخدَم فيها أيضًا الـion exchange unit بنفس الطريقة السابقة، لكن يتم استخدام strong anion resin بدلا من الـstrong acid cation resin، وذلك من أجل إزالة الـbicarbonate، الـsulfate والـnitrate ions، وأيضًا لتقليل الـpH لمنع الـcorrosion.

الخطوة الخامسة هي reverse osmosis. الطبيعي أن الـfluid ينتقل من مكان ذو تركيز أعلى لآخر ذو تركيز أقل، وبالتالي الطبيعي أن المياه تنتقل من المكان المُحتوي على مياه كثيرة (تركيز أملاح أقل) للمكان صاحب كمية المياه القليلة (تركيز أملاح أكثر)، لكن في هذه الخطوة نقوم بالعكس تمامًا، حيث نجعل المياه تسير في عكس مسارها الطبيعي وذلك عن طريق تطبيق force خارجية تُسمّى الـosmotic pressure وهو الضغط اللازم لجعل المياه تعبر من خلال الـmembrane. ما هو الـmembrane؟ هو عبارة عن غشاء يمنع مرور بعض المواد ويسمح بمرور أُخرى، وبالتالي يمنع مرور الـimpurities خلاله.

الخطوة السادسة هي deaeration or degasification وخلالها نُزيل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون من المياه لأنهم يسبّبوا corrosion ويتم ذلك عن طريق عدة طرق أهمَها:

1. Pressure Reduction
2. Membrane Degasification
3. Thermal Degasification
4. Substitution

❖ **سنتطرّق الآن لنظام الـCooling Tower Water Treatment Systems.**

❖ يتم استخدام هذا النظام من أجل حماية أجزاء الـcooling tower من عدّة مشاكل مثل الـscaling، الـcorrosion والـbiological growth.

❖ تلك المشاكل تنشأ نتيجة وجود ملوثات مثل الـchlorides، الـhardness، الـiron، الـbiological materials، الـsilica، الـsulfates والـTDS and/or TSS.

❖ ويتم تحديد النظام الذي سيتم العمل عليه طبقًا للـ requirements of the cooling tower equipment، والـchemistry of the feed والـmakeup and blowdown water.

يتكوّن هذا النظام من أربع خطوات رئيسية وهي:

الخطوة الأولى هي Makeup Water Intake وخلالها يحدث vaporization لجزء من المياه التي نستخدمها للتبريد في الـtower وبالتالي نحتاج لتعويضها بـmakeup water والتي لها أكثر من مصدر: raw water – municipal water supplies – wells – recycled plant wastewater.

الخطوة الثانية هي filtration وهذه الخطوة نقوم بها من أجل إزالة الـsediment، الـturbidity، والـorganic material، وعادة تكون هذه الخطوة عبارة عن pre-treatment قبل الـ ion exchange من أجل زيادة الكفاءة وتقليل التكلفة.

الخطوة الثالثة هي عبارة عن chemical addition حيث يتم إضافة: – corrosion inhibitors algaecides or biocides – scale inhibitors.

الخطوة الرابعة هي side-stream filtration، فمعظم الـcooling towers تستخدم المياه مرة ثانية.

❖ هناك ثلاثة أنواع من الـcooling system:

1. Once-Through
2. Closed Recirculating
3. Open Recirculating

أولا Once-Through Cooling System: هو نظام تبريد وكما يتضّح من اسمه فهو يستخدم المياه مرة واحدة فقط قبل صرفها. أهم ميزة لهذا النظام هو أن تكلفتها سواء الـoperating cost أو الـcapital cost قليلين، ولكن عيبها هو استخدام كمياة كبيرة من المياه بسبب صلاحية استخدامها لمرة واحدة فقط بالإضافة إلى الاضطرار لمعالجة هذه الكميات الكبيرة قبل صرفها.

ثانيًا Closed Recirculating System: هو نظام تبريد يُستخدم فيه المياه دون صرفها لعدم حدوث evaporation للمياه (فالمياه التي نستخدمها للتبريد نقوم بتبريدها مرة أخرى لإعادة استخدامها).

مميزات هذا النظام:

1. استخدام كمية مياه قليلة
2. عدم استخدام كميات كبيرة من الـmakeup water لعدم حدوث leak
3. كمية المياه التي تُعالج قبل الصرف قليلة

عيوب هذا النظام:

- يحتاج لإعادة الـcooling للمياه

ثالثًا Open Recirculating System: يكون هذا النظام مفتوحًا على الهواء الجوي مثل الـcooling tower، وخلاله يتم تبريد المياه عن طريق التبخير وبخار الماء يخرج على الـatmosphere ويُعاد استخدام المياه مرة أخرى.

مميزات هذا النظام:

1. استخدام كميات صغيرة من الـmakeup water
2. استخدام discharge rate صغير

عيوب هذا النظام:

- يحتاج لـcapital cost عالي

❖ الـWaste Water Treatment System

❖ وهو عبارة عن نظام يحوّل الـspent systems (المياه الخارجة من العمليات) إلى مياه صالحة للاستخدام في عمليات أخرى، أو على أقل تقدير يتم تحويلها لمياه آمنة بيئيًا للصرف.

❖ يختلف الـwaste water treatment system من موقع لآخر حسب العمليات المتطلبة للمياه وحسب المياه نفسها ومواصفاتها كـinput وoutput للـprocess.

❖ تضع البيئة بعض المواصفات والتي يجب أن تكون المياه الخارجة من هذا الـsystem مطابقة لها، وأهم هذه المواصفات هي:

High Biochemical Oxygen Demand: حيث تضع البيئة limitations من أجل حماية مصارف المياه من نقص الأكسجين الذ ائب في المياه، ومن أجل ضمان الوصول للـBOD المطلوب، يتم عمل تهوية (aeration) لزيادة الـbiological oxygen.

High Total Suspended or Dissolved Solids: حيث تضع البيئة أيضًا حدودًا لكمية الـTSS والـTDS للمياه. من أجل الوصول للكمية المحدّدة من الـTSS يتم عمل clarification و sand filtration. من أجل الوصول للكمية المحدّدة من الـTDS (عملية أكثر تعقيدًا من تقليل الـTSS) يتم عمل chemical treatment، demineralization وevaporation.

High Nitrate or Phosphate Level: النيترات والفوسفات يدخلون للماء عن طريق الـ food waste، الـdetergents والـpesticides. للنيترات والفوسفات آثار ضارة جدًا على المياه لذلك تقوم البيئة بالتركيز عليهم. تتم إزالة النيترات من خلال ion exchange أو reverse osmosis أو biological treatment، بينما يُزال الفوسفات عن طريق الـclarification أو الـ biological treatment.

Oil and Grease: من أكبر المشاكل التي تسبب انسداد للـsewer وللـdrainage pipes. يتم التخلّص منهم عن طريق dissolved air flotation أو ultrafiltration أو activated carbon filtration.

High Discharge Volume: في بعض المناطق تزداد التكلفة كلما زادت كمية المياه المُراد صرفها، ولذلك في حالة صرف كميات كبيرة فالأفضل الاستثمار في تكنولوجيا تقلل من الـdischarge rate مثل الـZero Liquid Discharge (ZLD) والتي تمنع تقريبًا خروج أي مياه من الـplant حيث تُعاد معالجة المياه واستخدامها بشكل دوري.

Reverse osmosis (RO)

- مصطلح كثيرًا ما نسمعه في مجال معالجة المياه، وقد يكون بعضنا على عدم دراية به على الرغم من أهميته، وهو الـreverse osmosis (RO). الـRO هو نظام يُستخدَم لتنقية المياه عن طريق تدفيعها خلال semi-permeable membrane تحت ضغط.

- لكن أولا ما هو الـosmosis؟ هو سريان محلول من تركيز أقل (كمية solute أقل) إلى تركيز أكبر (كمية solute أكبر)، وعادة ما تكون عملية طبيعية تتم دون الحاجة لإضافة طاقة. فمثلا لو لدينا محلول ملحي في ماء ومحلول ملحي آخر ذو تركيز أكبر ويفصل بينهما semi-permeable membrane، نجد أن المحلول الأول (المحلول ذو التركيز الأقل) يتحرك ماؤه للمحلول الآخر (المحلول ذو التركيز الأعلى).

- هذا يُحضرنا لسؤال آخر وهو "ما هو الـsemi permeable membrane"؟ هو عبارة عن membrane (غشاء) يمنع مرور بعض المواد ويسمح بمرور أُخرى، تمامًا كما هو الحال مع (سلك الشُّباك) والذي يسمح بمرور الهواء مانعًا مرور أي شيء أكبر من فتحاته. الـsemi-permeable membrane يقوم بمنع المواد التي تتعدّى حجومها أو شحناتها حد معين، فمثلا الجزيئات التي لديها وزن جزيئي أكبر من 200 تفشل في المرور من خلال هذا الغشاء، وكذلك الشحنة كلما زادت كلما زادت صعوبة مرور المادة، ولهذين السببين نجد أن هذا الغشاء يصعب عليه إزاله غاز ثاني أكسيد الكربون نظرًا لصغر حجمة وأيضًا شحنته.

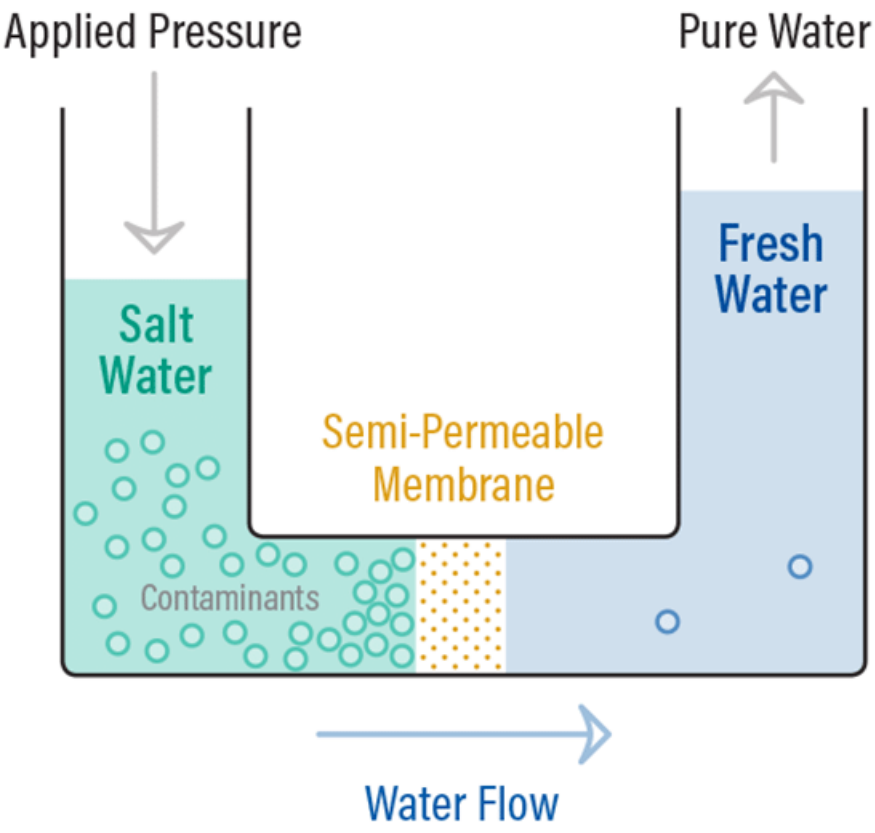
- والآن لنتجه لعملية الـRO نفسها، وكما يتضح من اسمها فهي عكس عملية الـosmosis. في هذه العملية نُجبر المحلول على الانتقال من التركيز الأعلى للأقل باستخدام طاقة خارجية، يمر المحلول أثناء مروره على الـsemi-permeable membrane والذي بدوره يسمح بمرور بعض المواد مثل المياه ويمنع بمرور أخرى مثل الملوثات كالـdissolved salts، الـorganics، الـbacteria والـpyrogen.

- مثل ما قولنا من لحظات، فهذه العملية عكس العملية الطبيعية وبالتالي تلزم طاقة خارجية. هذه الطاقة هي الضغط، حيث يتم تطبيق ضغط أعلى من الضغط الطبيعي الموجود عند الـsemi-permeable membrane.

كيف يعمل هذا النظام؟

أولا يتم تدفيع المياه الطبيعية (بها ملوثات) بواسطة high pressure pump من أجل زيادة الضغط والسماح للمياه بالعبور خلال الـsemi-permeable membrane والذي يمنه مرور من 95% لـ99% من الملوثات. كمية الضغط المطلوب يعتمد على تركيز الملوثات، فكلما زادت الملوثات كلما كان مطلوب ضغط أكبر.

- هذه العملية تُنتج نوعين من المياه:
  1. الـpermeate water، وهي المياه صاحبة التركيز الملحي القليل.
  2. الـreject water، وهي المياه صاحبة التركيز العالي من الأملاح والتي أحيانًا ما يتم إضافتها مُجددًا للنظام لإزالة الملوثات.



Zero Liquid Discharge (ZLD)

- استخدام المياه في الصناعة يؤدي لارتفاع درجة حرارتها وتلوُّثها ببعض الملوثات والمركبات الكيميائية والتي تضر البيئة عند صرفها في البحار أو الأنهار.

- من هذا الصدد، نشأت اللوازم البيئية للحد من ارتفاع درجة حرارة المياه التي يتم صرفها، الأمر الضي بدوره ترتب عليه اختراع تكنولوجيا جديدة تُدعى ZLD وهي اختصار لـ zero liquid discharge. بكل بساطة، تؤدي هذه التكنولوجيا لحدوث أمرين مهمين:

1. كل المركبات الكيميائية التي اختلطت بالمياه يتم إرجاعها واستخدامها مرة أخرى.
2. المياه نفسها تعود بدون ملوثات وبالتالي يمكن إعادة استخدامها، حيث يمكن استرجاع أكثر من 95% من المياه، وبهذا يتم تحقيق شبه اكتفاء ذاتي، حيث تقريبًا يتم أخذ المياه مرة واحدة فقط ويعاد معالجتها وإعادة استخدامها مرارًا وتكرارًا.

- ولكن عيب هذه التكنولوجيا هو تكلفة إنشائها العالية (fixed cost) والتي تحول بين بعض الشركات وبين إنشائها.

كيف تعمل هذه الوحدة؟

المرحلة الأولى هي clarifier: هذا مثل pretreatment في بداية العملية والغرض منه ترسيب الـmetals في القاع، وفي بعضض الأحيان يمكن إضافة caustic soda أو lime من أجل ترسيب الـmetals. أكثر المواد المُستخدمة هي aluminum-based، والمادة المضافة تلك تُسمّى chemical feed.

المرحلة الثانية هي filter press: من أعلى نقطة في الـclarifier تبدأ المياه بالنزول من أعلى تاركة الـsludge الذي تكون بداخل الـclarifier. يبدأ الـsludge بالنزول إلى قاع الـclarifier إلى أن بقابل الـsludge blanket، ثم يتم ضخ الـsludge لعملية نزع الماء.

المرحلة الثالثة هي ultrafiltration: تمر الماء بعد ذلك على أنابيب موضوعة بطريقة معينة ويترواح عددهم من 64 إلى 128 أنبوب (قد يزيدوا أو يقلوا عن هذا المدى). فكرة هذه الأنابيب بسيطة جدًا، ورق ترشيح موضوع بطريقة مُكثّفة ويسمح بمرور المياه مانعًا مرور المواد الصلبة، وبالتالي يُزيد من نقاوة

المياه على أن يُعاد ضخ المواد الصلبة مرة أخرى. إزالة هذه المواد أيضًا يحافظ على المعدّات من الـcorrosion والـfouling وأي مشاكل ممكن أن تسببها الـsuspended solids.

المرحلة الرابعة يمكن أن تتم بأكثر من طريقة وهي: reverse osmosis (RO) – brine concentrations – electrodialysis. المُستخدم في مصر هو الـRO، ونجده في شركات مثل ETHYDCO وMOPCO، والغرض من هذه العملية هو إزالة أي بواقي من الـ suspended solids موجودة في الـwater stream. يُمكن أيضًا استخدام الـbrine concentrations لكن في حالة وجود نسبة أملاح أعلى من تلك التي يُستخدم معها الـRO.

المرحلة الخامسة هي evaporator: بعد ما تم التخلّص من الأملاح الموجودة في المياه، ولإزالة المواد العالقة المتبقية، يتم تبخير المياه وإعادة تكثيفها مرة أخرى. يُمكن ايضًا عمل deaeration في حالة وجود غازات تبخَرت مع المياه مثل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون.

المرحلة السادسة هي crystallizer: الغرض من هذه المرحلة هو تجميع جزيئات الـsolid التي لم تُزال بعملية التبخير، ومن ثم يتم إما استخدامها أو التخلّص منها.

تم بحمد الله ...

WORKING TEAM

Mamdouh
Mohamed

Ahmed
Shaker

Mahmoud
Raouf

Hadeer
Mahmoud

Eman
Sakr

Maichel
Botros

Osama
Khafagy

Ahmed
Abdeen

Ahmed
Selim

Taha
Mohamed

Mahmoud
Mohamed

Mazen
Reda

Ahmed
Abdelwahed

Ahmed
Karam

AUXILIARY TEAM

Mohamed
Kurtam

Shaymaa
Elhalaby

Mervat
Magdy

Rasha
Ahmed

Osama
Gamal

AIChE stands for "The American Institute of Chemical Engineers". It is the world's leading organization for chemical engineering professionals, with more than 60,000 members from over 110 countries.

AIChE Suez University Student Chapter (AIChE SUSC) was founded in 2013 as a branch of AIChE International, and it includes a group of undergraduates dedicated to the advancement of the academic learning techniques and personal development systems, trying to create links between the university and the industry. Our main aim in AIChE SUSC is to serve students of petroleum refining and petrochemical engineering at Suez University and all those who are interested in the field of chemical engineering in general.

Since we started our journey, our goal has always been to help students be more prepared for the job market and post-graduate life. On the technical level, we have provided over 1,200 training opportunities and field trips for various oil and gas companies in Egypt, in addition to some courses with strong contents provided by some of the best engineers in Egypt in their field. Speaking in this context, we would like to refer to our technical events, the most prominent of which were the AIChE Petrochemical Conference, our annual diploma (AIChE Refining Diploma) which always receive excellent feedback from its attendees. Our annual magazine (SPARK magazine) also cover the most important news of the oil and refining industry in the world and Egypt.

Our success during our past seven years of work has been crowned more than once with the Outstanding Chapter Award, and this is an international recognition by AIChE Headquarters in the USA that we are one of the strongest and most active student chapters in the world.

AIChE
Suez University Student Chapter